ÜBER SCHWÄBISCHE KALKTUFFE INSBESONDERE DES ECHAZTALES

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

EINER

HOHEN NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT

DER

EBERHARD-KARLS-UNIVERSITÄT ZU TÜBINGEN

VORGELEGT

VON

OTTO BURGER

AUS HEILBRONN.

TÜBINGEN

BUCHDRUCKEREI VON G. SCHNÜRLEN

1911.

Gedruckt mit Genehmigung der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Tübingen.

3. März 1910.

Meiner Mutter und dem Andenken
meines Vaters!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547023_0015

Die Anregung zu vorliegender, im mineralogisch-geologischen Institut zu Tübingen ausgeführten Arbeit ging von meinem verehrten Lehrer, Herrrn Prof. Dr E. von Koken aus, dem ich für sein tätiges Interesse an der Arbeit warmen Dank schulde, wie ich überhaupt die Gelegenheit wahrnehme, meinen verehrten Lehrer meiner herzlichen Verehrung und Dankbarkeit zu versichern für alles, was er mir in vieler Beziehung gewesen ist. Ferner sei meinem verehrten Lehrer in der Botanik, Herrn Prof. Dr von Vöchting herzlich gedankt für die tätige Anteilnahme und das freundliche Wohlwollen, das er besonders dem botanischen Teil der Arbeit entgegenbrachte.

Der Verfasser.

Übersicht:

I. Allgemeiner Teil 1

II. Über die Entstehungsweise des Kalktuffs, speziell in fliessenden Gewässern:

a. die chemisch-physikalischen Bedingungen 9

b. die Frage nach der Art der pflanzlichen Beteiligung . . . 14

III. Der Kalktuff (Bachkalk) als Gestein 21

Seine Einteilung 22

Diagenetisches 30

Mineralogisches 31

Chemische Zusammensetzung 33

Lagerungsformen 35

IV. Die organischen Einschlüsse und ihr Erhaltungszustand:

a. die pflanzlichen 38

b. die tierischen Einschlüsse 44

V. Stratigrafische Beziehungen 50

(Alluviales Alter, Änderung der Oberflächengestaltung, Quellenverhältnisse, Frage nach einer absoluten Altersbestimmung, Kartografisches u. a.)

Literaturverzeichnis 59

I.

Fast auf jedem geognostischen Atlasblatt unseres kalkreichen Württembergs sehen wir die dicke, vertikale, blaue Schraffur bezw. auf der neuen Kartenserie die wagrechte blaue Strichelung auf blauem Untergrund und die Bezeichnung dk oder ak der modernen Signatur, wodurch das Auftreten von Kalktuff, von lockerem, grusigem bis festem Süsswasserkalk aus dem Diluvium oder Alluvium konstatiert wird. Nicht mehr unter diese Bezeichnung fällt der tertiäre Süsswasserkalk der oberen und unteren Molasse am Albrand. Dagegen wird mit „Kalktuff" auch benannt der Seekalk, der Alm, Wiesenkalk, Wiesenmergel, Moorkalk u. s. w., Bezeichnungen, die durch Übergänge mit einander verbunden sind und zum Teil überhaupt synonym gebraucht werden. Diese letzteren Ablagerungen bildeten und bilden sich auf dem Boden kalkreicher Seen, oft im Stadium ihrer Verlandung. Nach Passarge, Senft und Gümbel entstehen Wiesenkalke mehr in flachen Torfmooren, Seekreide in tieferen Seen, als Füllungen von Kalk und Kalkhumaten, auch als Einschwemmungen. Besonders die Wiesenkalke besitzen einen mehr oder weniger grossen Sapropelgehalt, während das reinste Glied in dieser Reihe die Seekreide ist und der besonders in der Schweiz und Südbayern verbreitete, von Gümbel, Früh und vielen andern angeführte Alm. Bei diesen und ähnlichen Formationen ist, hinsichtlich ihrer Genese, zu unterscheiden, ob es Seenkalke im weitesten Sinne oder Quellenkalke sind. Vielleicht noch besser als der Name „Quellenkalke" wäre die Bezeichnung „Bachkalke", da diese Tuffe durchaus nicht auf das Quellgebiet, aber zumeist auf kleinere Gewässer

und Oberläufe beschränkt bleiben. Seen und Moorkalke spielen in Württemberg eine geringe Rolle: es handelt sich hier um zerstreute Vorkommen in Oberschwaben, sowie um Uferpartien am Bodensee. Sonst und speziell in den Tälern der schwäbischen Alb handelt es sich um Bachkalke, deren Vorkommen jedoch durchaus nicht an den Jura gebunden ist, wenn gleich sie hier natürlich am reichlichsten auftreten; dagegen der berühmte Sauerwasserkalk bei Cannstatt, eine Quellen- und Beckenablagerung des Diluviums, dann die Tuffe bei Wildberg, Haiterbach, die Kocher- und Jagsttuffe u. a., verdanken ihre Existenz dem Kalkgehalt der Lettenkohle bezw. des Muschelkalks. Gerade die Anhydritgruppe ist nächst dem Quellhorizont Weiss Jura α/β für diese Bildungen am wichtigsten.

Alle diese Bachkalke unterscheiden sich von den verschiedenen Seekalksorten einmal durch ihre Entstehung und damit Lagerungsform, sodann dadurch, dass nennenswerte sapropelartige Bestandteile nicht in ihnen auftreten.

Die Kalktuffe unserer Albbäche, an der nordwestlichen, sowie an der Donauseite, sind an ihrer Oberfläche ziemlich allgemein alluvial, doch reichen ihre Unterlagen teilweise ins Diluvium zurück; Alberti hielt seinerzeit sogar die Cannstatter und Uracher Tuffe durchaus für Äquivalente. Dass sich auch schon während des Meso- und Paläozoikums allgemein Kalktuffe an geeigneten Stellen gebildet haben, darf als sicher gelten; jedoch sind Kalktuffe als geologischer Körper kurzlebig und so darf uns ihr spurloses Verschwinden in Anbetracht ihrer geringen Mächtigkeit und minimalen Widerstandsfähigkeit nicht wundern; vollends der chemischen und mechanischen Zerstörungskraft etwa einer Meerestransgression fielen zuerst sie zum Opfer. Meines Wissens sind erstmals aus dem Tertiär sichere Bachkalke bekannt (noch ältere Süsswasserkalke sind limnische Produkte grösserer Ausdehnung), die aber gegenüber unsern quartären, besonders rezenten Tuffen viel härter geworden sind durch innere Umlagerung unter dem Einfluss zirkulierenden

Wassers, und deren Hohlräume häufig flach gedrückt und event. sekundär ausgefüllt sind. Überhaupt scheint unter normalen Verhältnissen die Härte einen gewissen Massstab für das Alter abzugeben, soweit es sich um Moos- und Stengeltuffe handelt.

In der geologischen Literatur findet der Kalktuff zwar allenthalben, allein fast immer nur flüchtige Berücksichtigung. Abgesehen von einer Beschreibung des Uracher Wasserfalls durch Eulenstein und einer Behandlung der St. Gallener Kalktuffe durch Früh, bosnischer Kalktuffe durch Lozinski, erfuhren die Kalktuffe selten, die Albtuffe speziell nie, eine einigermassen systematische und erschöpfende Bearbeitung. Wo sie berücksichtigt werden, werden sie es in erster Linie als horizontierbare Schneckenlager, so in den Mitteilungen Sandbergers über die diluvialen Tuffe der fränkischen Alb (Quellsumpfsedimente bei Streitberg). Hier, sowie in den Arbeiten über die diluvialen Tuffe bei Cannstatt von Bräuhäuser u. a. sind auch die Pflanzen- und Knocheneinschlüsse berücksichtigt. Bei den meisten diesbezüglichen Veröffentlichungen ist die Betrachtungsweise noch mehr auf nur geologisch-stratigrafische (Nehring-'sche Kontroverse) und besonders conchyologische Gesichtspunkte eingestellt, so in den Arbeiten von Menzel, Weiss, Wollemann, Wüst u. a. über die meist diluvialen Tuffe von Weimar-Taubach, vom Fallstein, Elm und Lappwald, bei Jena.

Es ist deshalb vielleicht nicht ganz überflüssig, den Kalktuff im allgemeinen und ein besonderes Vorkommen desselben eingehender zu behandeln in allen seinen Beziehungen, also von allem hinsichtlich seiner Verbreitung, Entstehungsweise und Erscheinungsformen, sowie seines Alters und seiner Einschlüsse.

Der Bachkalk besitzt wohl kein Prioritätsrecht auf den Namen „Kalktuff", sondern wurde so im Vergleich mit dem gleichfalls porösen vulkanischen Tuff genannt; jedoch dem Walther'schen Vorschlag zu entsprechen und den Namen Kalktuff hier zu streichen halte ich in Anbetracht der geringen Verwechslungsmöglichkeit mit vulkanischem Tuff und der Einge-

sessenheit des Namens für unnötig; zumal der dafür vorgeschlagene Name „Kalksinter“ speziell für die krystallinisch harten Lagen im Sprachgebrauch reserviert erscheint. Vorteilhafter dürfte es sein, in zweifelhaften Fällen durch die Namen: „Seenkalk“ resp. „Bachkalk“ eine Andeutung über ihre Genese zu geben; weitere Bezeichnungen sind Duckstein, Dauchstein. Der Engländer nennt den Kalktuff tufaceous limestone, der Franzose tuf oder umständlicher, aber bezeichnend chaux carbonatée incrustante. Ausser in unserem Juragebiet erreicht der Tuff eine grössere Bedeutung in den schon oben erwähnten hannoverschen und thüringischen Bezirken, sowie in Baden bei Wien, bei Paris in den Dep. Puy de Dôme und Cantal, aber auch in Ungarn, Bosnien (im Plivatal), ferner ist von dänischen und schwedischen Kalktuffen berichtet. Sehr bekannt schliesslich ist der mit dem Kalktuff gemeinsam als Varietät des dichten Kalkes aufgefasste Travertin (verstümmelt aus lapis tiburtinus, nach Tibur in Latium), der von den Wasserfällen des Anio noch heute, früher jedoch mehr an einer benachbarten Stelle, abgesetzt wird. Kompakt gewordene Kalktuffe nennen auch wir dann und wann Travertine.

Wenn wir von dem zumeist diluvialen Cannstatter Sauerwasserkalk absehen, so fallen uns unter den über 50 nennenswerten Kalktuffvorkommen im Bereich der württ. Kartenblätter durch ihre Mächtigkeit auf die Bachkalke von Hausen, Langenbronn im oberen Donautal, von Geislingen und Wiesensteig, von Gönningen, vom Lenninger-, Uracher- und Echaztal. Ausserdem haben an zahllosen Stellen im Lande Quellen ihre Tuffe abgesetzt, die nicht einzeln berücksichtigt werden können. Wenn bei uns das Alluvium auftreten kann als Flussanschwemmung, als Gehängeschutt, als Vegetationserde, als Torf und Kalktuff, so ist letzterer für unsere Albtäler die wichtigste Hinterlassenschaft, während der Torf fehlt, auch an Stellen einstiger Beckenbildung. Zunächst lassen sich die Tuffe einteilen einerseits in Gehängetuffe (= Kegeltuffe Falkners) andererseits in Decken-

oder Taltuffe, wozu auch die Kaskadentuffe zu rechnen sind. Gehängetuffe sind meist mit einem richtigen Wasserfall verbunden, so beim Uracher, Gütersteiner, Neidlinger u. a. Wasserfall. In erster Linie bei diesen Gehängetuffen steht der Aufbau des Tuffkegels einerseits, das Fortkommen von Moosen und Algen andererseits in einer gewissen gegenseitigen Abhängigkeit. Die Taltuffe füllen die Sohle eines Teils unsrer Albtäler aus, unter Ausbildung mehr oder weniger deutlicher Terrassenformen. Bemerkenswert ist, dass die Bäche, die einen Teil ihres Kalkgehalts schon als Gehängetuff absetzten, auf der Talsohle kaum noch Material ablagern.

Trotzdem uns die Kalktuffbildungen zeitlich sehr nahe liegen, drängen sie uns noch eine Fülle von Fragestellungen auf verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebieten auf: Eine der interessantesten Fragen ist die nach ihrer Entstehung. Ihre Ablagerung durch einfache chemische Uebersättigung der Lösung mit Ca CO_3 bezw. dem Bikarbonat Ca H_2 $(CO_3)_2$ kommt in Seen und Mooren vor, wobei übrigens wahrscheinlich Umsetzungen mit Kalkhumaten eine Rolle spielen; dagegen bei den Quellen und Bachkalken haben wir es nie mit dem Ausfallen aus einer stehenden übersättigten Lösung zu tun oder mit einer Umsetzung mit entstehendem Ammoniumcarbonat, sondern die Uebersättigung wird hier durch besondere physikalische Bedingungen herbeigeführt, die eine starke Zerstäubung und Verdunstung des Wassers und Austreibung der Kohlensäure veranlassen. Die Momente der Druckverminderung und, bei warmen Quellen, der Wärmeänderung kommen für die Kalk- und Kieselsinter von Karlsbad, von Jellowstone-Park, von Island usw., nicht aber für unsere Fälle in Betracht. Die Quellentemperatur der Albbäche bleibt im allgemeinen zwischen 8 und 12 °. Nun erhebt sich die Frage, ob hiebei botanisch-physiologische Vorgänge in Betracht kommen. Dass marine Algen ein geologisch wichtiges Abscheidungsvermögen für Kalk besitzen, lehren uns die Untersuchungen an Siphoneen und Rho-

dophyceen, sowie die Gyroporellen —, Diploporellen — und andere Kalke. Auch von gewissen Süsswasseralgen wird beträchtliche Einlagerung von Kalk in die Membran behauptet: z. B. erwähnt Gradmann solche Algen in der Blau, die dann durch Häufung der Skelette das Bachbett erhöhen; die Frage nach der Kalkabscheidung in, auf und zwischen Algen ist übrigens bei Cohn, Früh und anderen schon diskutiert. Von den Charen, die auch hier von den andern Algen etwas abseits stehen, ist bekannt, dass sie nicht bloss Kalkinkrustationen bekommen können, sondern auch Kalk einlagern. In welcher Weise aber Laubmoose — und um solche handelt es sich bei unseren Gehänge- und Taltuffen eigentlich nur — zum Aufbau dieser Massen beitragen, ist eine noch nicht sicher beantwortete Frage. Eigene pflanzenphysiologische Experimente habe ich nicht gemacht, da dies nicht mehr im Rahmen einer vorwiegend geologischen Betrachtung des Themas läge, da mir ferner einige Versuchsanordnungen von Hassak, Pringshein beschrieben vorliegen und schliesslich erschöpfende Resultate nur von einem erfahrenen Pflanzenphysiologen und wohl auch einer besseren Einsicht in enzymatische Vorgänge erwartet werden dürfen. Die Frage ist hier schliesslich die, ob die Kalkabscheidung dauernd, oder nur in den ersten Stadien, oder überhaupt nicht. unter dem Einfluss vitaler pflanzlicher Prozesse und zwar der Assimilation steht; oder sind am Ende diese Moose nur die chemisch-physikalisch geeignetsten Ansatzpunkte für die Kalkausscheidung. Weiterhin legen die pflanzlichen Einschlüsse und Laubabdrücke die Frage nahe, ob seit der Zeit der Einbettung ein Wechsel in dem Artenbestand oder wenigstens in dem Dominieren bestimmter Arten zu konstatieren sei; genau dasselbe konnte bei den Schnecken eingetreten sein, die Aenderungen ihres Mediums und Klimas zuweilen empfindlich registrieren. Jedoch sind leider die Moose schon in geringer Tiefe unkenntlich und unbestimmbar; dass sich bestimmbare Säugetierreste und vielleicht menschliche Spuren finden, durfte ich hoffen, aber nicht er-

warten. Dass in den jungen Lagen der Pfullinger Tuffe Alemannengräber aus dem 3. und 4. Jahrhundert aufgedeckt wurden, ist bekannt, kann aber nicht als Beweis für das gleichzeitige Alter des einbettenden Tuffes angeführt werden; gerade im Pfullinger Bezirk habe ich in geringer Tiefe auch einige Scherben und Schlacken gefunden. Eine durchaus neue Aufgabe war, die verschiedenen Formen, in denen der Bachkalk auftritt, zu beschreiben und nach ihrer Genese zu klassifizieren. Schliesslich musste die Betrachtungsweise eine stratigrafisch-geologische sein: es war das Alter der Tuffe, ob diluvial, ob alluvial, sowie die Beziehungen zu Kiesen und Schottern zu erörtern. Daran schliesst sich ein Blick auf die Oberflächenformen und ihre Veränderungen, auf Höhlen- und Quellenverhältnisse. Eine Horizontierung innerhalb der Tuffe ist kaum möglich, da nirgends ein allgemeines Schema des Aufbaus, sondern alle paar Meter ein neues Aufrissbild erscheint: Die Taltuffe sind ja nicht in ihrer ganzen Länge und Breite, Schicht auf Schicht, in Ebenen aufgebaut, sondern das Wachstum geschah ganz unregelmässig und jeweils nur an bestimmten Punkten und Regionen. Für die Zeitbestimmung geben Schnecken und Pflanzen in Quartär selten sichere Anhaltspunkte und da das Glück, auf geeignete Säugetierreste zu stossen, doch ziemlich selten ist, so sind Schotter und Kiese die einzige halbwegs sichere Basis.

Wenn wir die Ausbildung des Bachkalks verfolgen wollen, so tun wir natürlich am besten, Stellen zu beobachten, an denen sich dieser Prozess heute noch deutlich vollzieht; als hiefür besonders geeignet in unsrem Gebiet sei neben vielen andern Beispielen genannt: Der Uracher- und der Gütersteiner Wasserfall, der Fall am Reussenstein, die Wiesatzkaskaden hinter Gönningen, einige Stellen im Echazbett in Honau, der Hügelbrunnen auf dem Fehrenberg (beim Eisenrüttel). Von der Kalkabscheidung in den Radstuben der Mühlen usw. will ich nicht weiter reden. Zu bemerken ist aber, dass in den Albtälern mit Ausnahme der grossen Wasserfälle, das Wachstum des

Tuffes, soweit mir bekannt ist, heute an keiner Stelle in so grossem Massstab vor sich geht, wie offenbar seinerzeit beim Aufbau unserer mächtigen Lager. Wahrscheinlich sind daran nicht etwa klimatische Aenderungen schuld, — solche liessen sich an unsern Tuffen und ihren Einschlüssen nicht konstatieren — sondern der Mangel an grösseren breiten Kaskaden und damit susammenhängend der Umstand, dass jetzt der Bach künstlich eingeengt ist und keine grosse Zerteilungsfläche zwanglos zur Verfügung hat, wie in prähistorischen Zeiten. Auch die Neubildung von Tuff im Kleinen ist an verhältnismässig wenig Stellen deutlich: an einzelnen stark bespritzten, berieselten und womöglich moosbewachsenen Stellen der Bachränder. Interessant dabei ist, dass die tuffbildenden Bäche, vor allem am Hang, häufig ihr eigenes Bachbettniveau erhöhen, wie aus den Wasserfalltuffen und aus den Kaskaden in den Tälern ersichtlich ist. Dass Höhendifferenzen schon der liegenden Schichten diesen Formen zugrunde liegen, ist nicht mehr nachzuweisen, und auch gar nicht wahrscheinlich, da im Tal und am Hang schon geringe Hindernisse den ersten Anstoss zum Aufbau eines dann mehr und mehr wachsenden Tuffriegels geben konnten. Durch diese Barren wurden dann Becken verschiedenen Umfanges aufgestaut, so in Seeburg, in Wiesensteig (cfr. die Beschreibungen von Quenstedt) und vielleicht auch seinerzeit bei Unterhausen. Auch bei Langenbrunn konstruierte Jäger einen Kessel. Keines unserer Tufflager ist länger als etwa 10 km; dann tritt wohl neben einer Verdünnung des Kalkgehaltes im Bach, konstanteres Gefälle ein und die reiferen Talformen werden nicht mehr durch die Tuffterrassen maskiert. Meist schliessen sich die Taltuffe an dem Quellhorizont Weiss Jura α/β an (besonders bei Urach reichen sie höher) und gehen höchstens bis zu den Regionen, wo der Bach sich bis auf Braun Jura β eingenagt hat. Die Tufflandschaft ist einigermassen eben, mit meist niederen, durch Ackerland und Schwemmland ziemlich eingeebneten Hügelformen. Der stärkste Terrassenunterschied ist

durch den schrägen Tuffriegel dargestellt, auf dem sich Honau erhebt; der Riegel wurde wohl schräg nach Osten vorgebaut und später verlagerte sich der Bach wieder nach Westen; oder waren an dem Aufbau besondere Quellen tätig wie der heutige Neubronnen.

Es ist wahrscheinlich und teilweise beweisbar, dass die Echaz und überhaupt die Albgewässer schon wiederholt, während ihres Eindrängens gegen Süden in den Albkörper, Tuffe gebildet, aber stets wieder successive abgetragen haben mechanisch, und chemisch dadurch, dass das Lösungsvermögen des Baches nach einer bestimmten Entfernung wieder wächst durch den Zufluss sehr ungesättigter, kohlensäurereicher Oberflächen- und Regenwasser; ja dieser kontinuierliche Auf- und Abbau des Bachkalkes fand vermutlich während der an die Juraformation anschliessenden Kontinentalperioden der Kreide, des Tertiärs und Diluviums keine Unterbrechung und folgte räumlich der Zurückdrängung des Albrandes. Diese Annahme ist ein Analogieschluss aus der Beobachtung, dass im Gebiete fast jeder kalkreichen Formation heute Tal- und Gehängetuffe auftreten, und zwar auch in wärmeren Klimaten.

II.

a)

Da unsere Kalktuffe ein Erzeugnis der Echaz sind, wollen wir zunächst deren Quellenverhältnisse betrachten. Sie entspringt hinter der Honauer Kriegsmühle gewöhnlich fast nur aus einem breiten seitlichen Loch; zu wasserreichen Zeiten drängt sich das Wasser aus über einem Dutzend Löchern und Spalten daneben, dann mindestens zu einem Drittel von dem Wasser des hinten sich anschliessenden, sonst trockenen Waldtales unterstützt. Dazu kommen mehrere Zuflüsse. Im Wasser des das Tuffmaterial herbeitransportierenden Baches dürfen wir den Kalk als dominierenden Bestandteil erwarten. Ich habe

nun Ende November 2 Wasserproben von je annähernd 2 l entnommen, unmittelbar am Echazursprung und am Südostausgang von Oberhausen. Bei der Entnahme, die nach einer mässig regnerischen Periode stattfand, sowie bei der Eindampfung wurden die von Tiemann verlangten Vorsichtsmassregeln beachtet. Der Bach führte durchaus klares Wasser und war vielleicht doppelt so stark als in den Sommermonaten. Das Wasser bei Oberhausen hat, auf 1000 cbcm berechnet, nur etwa 8 mg Suspension, die Quelle gar nur etwa 2 mg enthalten; die Suspension bestand aus feinen, braunen Kalkteilchen (Bläschen mit HCl), einem Kalkbröckchen und etwas offenbar pflanzlichen Detritus. Die Eindampfung des Quellwassers ergab auf 1000 cbcm berechnet 0,2798 g Trockensubstanz, des Wassers bei Oberhausen (annähernd 3 km talabwärts) 0,2712 g. Bei der Trocknung über 110° hinauszugehen, hielt ich nicht für nötig, da ja Krystallwasser nicht in Betracht kommt und bei hohen Temperaturen der Zerfall des Karbonats einsetzt. Organische Bestandteile fehlen; wenigstens trat beim Glühen einer Probe keine Schwärzung ein; beide Proben zeigten jedoch, die Quelle also auch, eine deutliche Diphenylaminreaktion. Bei der Cl′-prüfung erhielt ich eine noch merkliche, für SO_4' eine noch viel geringere Füllung (Trübung). Die ersten Abdampfrückstände sind durch Fe braun gefärbt; Mg gab sich zu erkennen, nicht aber Al. Die Na-Flamme leuchtete schwach, die K-Flamme gar nicht auf. Der Bikarbonatgehalt gab sich natürlich sofort durch wolkige Trübung auf Kalkwasserzusatz zu erkennen. Freie CO_2 in der Menge, wie sie die Pettenkofer'sche Rosolsäureprobe und ihre Empfindlichkeit voraussetzt, ist bei keiner der beiden Stellen vorhanden. Die quantitative Analyse von 0,2790 g Abdampfrückstand aus 1000 cbcm Echazquellwasser ergab: 0,2435 g $CaCO_3$ d. h. rund 87%. Als SiO_2 ergab sich 0,0096 g, als $MgCO_3$ ca 0,01 g, als $FeCO_3$ 0,0008 g. Der Rest von 0,022 g mag zum Teil aufs Konto der Alkalien kommen. Der Kalk- und Magnesiagehalt entspricht 14,1 deutschen Härtegra-

den. Vergleichsweise seien noch folgende Zahlen angegeben: Gümbel gibt von den Flüssen des fränkischen Jura an: 1 l Wasser enthält 200—220 mg Trockensubstanz, nur ausnahmsweise bis 500, darunter 150—250 mg $CaCo_3$, eine Zahl, die mit den 240—250 g im Echazwasser gut übereinstimmt. Nach Bischof enthalten Neckar und Ammer unter 10000 Teilen Wasser 4,29—4,56 Teile Ca CO_3. Gegenüber den Gümbel'schen und meinen Analysenangaben fällt der hohe Betrag in dem Bischof'schen Zitat um so mehr auf, als diese beiden Flüsse teilweise kalkärmere Gebiete entwässern.

In welcher Form nun ist dieser Kalk im Flusswasser enthalten? Die Antwort ist für die Frage nach einer etwaigen pflanzenphysiologischen Beteiligung beim Tuffaufbau von Bedeutung. In den nächstfolgenden Angaben schliesse ich mich wesentlich Bodländer an: 1 l reines Wasser, über Ca CO_3 in fester Phase, löst bei 16° 13,1 mg Ca CO_3. Diese Lösung ist zu über 99% elektrolytisch in Ca'' und CO_3'' gespalten; bei der letzten Komponente erfolgt aber noch eine hydrolytische Spaltung bzw. Vereinigung von CO_3 und H_2O zu HCO_3' und OH'-Jonen (nach Küster). Tritt nun freie CO_2 zu dieser verdünnten Lösung, so wird ausser den obigen 13,1 mg noch weiterer Kalk als Dikarbonat gelöst. Durch Einleiten von CO_2 wird also vom Bodenkörper mehr Ca ionisiert, wobei $CO_2 . H_2O$ sich in $H^{\cdot}$ und HCO_3' spaltet; gleichzeitig werden die CO_3'' Jonen des stets nachgebildeten $Ca^{\cdot\cdot} CO_3''$ mit den $H^{\cdot}$ zu HCO_3' vereinigt resp. neutralisiert, sodass schliesslich in einer verdünnten Lösung auf der einen Seite $Ca^{\cdot\cdot}$ übrig bleibt, dem auf der andern Seite $2HCO_3'$ gegenüber stehen. Die zweite Dissoziationsstufe $Ca^{\cdot\cdot} . CO_3''$ und $2H^{\cdot} . CO_3''$ ist nach Bodländer zu vernachlässigen, da sie eine 20000mal kleinere Konstante als die erste besitzt. Streng gelten diese Verhältnisse natürlich nur für reine Lösungen. Als Bedingung für das Gleichgewicht bei der Reaktion $Ca^{\cdot\cdot} + 2H\,CO_3' = CO_3'' + H_2O + CO_2 + Ca^{\cdot\cdot}$ gibt Bodländer die Gleichung

$$(HCO_3')^2 = CO_3'' . CO_2 . 1159.$$

Mit Worten: die Lösung eines Dikarbonats ist nur durch die Anwesenheit von freier CO_2 (in geringster Menge) ermöglicht, und zwar eben in der Form von CO_2, da die hypothetische H_2CO_3 nur schwach in $H^{\cdot}$ und HCO_3' ionisiert ist.

Da nun diese Reaktionen umkehrbar sind, so sagen die Gleichungen aus, dass ein Entziehen oder Entweichen von freier CO_2 die Dikarbonatbildung zurückdrängt d. h. einfaches Karbonat: Kalktuff ausfallen muss. Wir haben also zu unterscheiden zwischen ganz gebundener Kohlensäure ($Ca\,CO_3$), halb gebundener $Ca\,H_2\,(CO_3)_2$, freier und überschüssiger freier Kohlensäure. In unsrem Falle nun haben wir in den Albgewässern, wie schon der 13 mg überschreitende Kalkgehalt anzeigt, eine Dikarbonatlösung vor uns. Nun konstatiert zwar Czapek, in seiner Biochemie pg. 421, sich auf Bodländer stützend, dass bei der Assimilation der Wasserpflanzen und der behaupteten Dikarbonatspaltung hauptsächlich die HCO_3' Jonen in Betracht kommen. Dass aber hiebei freie CO_2 vorhanden ist und sein muss, dieses wichtige Ergebnis der physikalischen Chemie, finde ich weder bei Czapek noch bei irgend einem Pflanzenphysiologen berücksichtigt; und doch scheint mir gerade hier die beste Erklärungsmöglichkeit zu liegen in der Frage nach der Kalkabscheidung durch Wasserpflanzen; freilich immer auf der Basis, dass die Bodländer'schen Resultate und die Einführung der Jonen in die Biochemie richtig sind. Doch sehen wir hievon vorläufig ab.

Die Kohlensäure, die teilweise vom Regen mitgerissen ist, teilweise vom durchsickerten Humus stammt, ermöglicht es den Sickerwassern, gegen 12mal so viel Kalk als Bikarbonat zu lösen, als es reinem Wasser möglich ist, nach der Formel

$$Ca\,CO_3 + H_2O + CO_2 = Ca\,H_2\,(CO_3)_2.$$

Bei der bosnischen, tuffbildenden Pliva ist interessanter Weise die zur Lösung nötige CO_2 nach Lozinski juvenilen Ursprungs (im Suess'schen Sinn), eine Herkunft, die Lozinski auch bei manchen andern grösseren Tuffvorkommen anzunehmen geneigt

scheint, die aber im Albgebiet wohl ausgeschlossen ist. Die Elmbäche sind nach Cotta so reich an CO_2, dass diese in Blasen entweicht. Dies ist bei den Albbächen nun gerade nicht der Fall, aber doch zeigen die Analysen, dass der Weisse Jura seine Gewässer mit erheblichen Mengen Kalk belädt. Dass von 10 000 Teilen CO_2 haltigen Wassers 6,14 Teile Ca CO_3 (614 mg pro l) gelöst werden können, zeigen Laboratoriumsversuche Bischofs, aber dieses Maximum wird von sich bewegendem Wasser nicht erreicht: in diesem Falle entweicht das Lösungsmittel CO_2 leicht; ja nach Gümbel beginnt die Abscheidung von Kalk in den fränkischen Albbächen schon bei einem Kalkgehalt von ca. 210 mg pro l; bei höherer Temperatur würde sich die Löslichkeit für CO_2 noch erniedrigen. Im Gegensatz zu den Seenkalken ist bei den Bachkalken, wie die Neubildungsstellen lehren, der Kalkabsatz bzw. die Übersättigung eine Folge der mechanischen Zerstäubung und Verdunstung: beides bedeutet ein Entweichen der beiden Lösungsmittel H_2O und CO_2. Aus Gründen des chemischen Gleichgewichts wird an Stelle der entweichenden CO_2 successive neue CO_2 gebildet durch Zerfall des Bikarbonats in H_2O, CO_2 und Ca CO_3. Wir dürfen somit erwarten, dass da, wo die Intensität der Zerstäubung und Verdunstung am stärksten ist, auch der Kalktuff sich am mächtigsten entwickelt hat, also, wo Wasserfälle, kleinere Kaskaden, einfache Stromschnellen auftreten, wo die Rieselfläche sich horizontal am Boden verbreitert, oder durch Pflanzenteile, besonders Moose, und allerlei Fremdkörper vergrössert wird. Ich erinnere hier an den von Fritsch erwähnten Dornstein auf den Gradierwerken von Nauheim; in Wasserstaub bestimmter Apenningewässer lässt man Gegenstände absichtlich sich übersintern, was sehr rasch gelingen soll.

Und tatsächlich stimmt hiezu ganz vortrefflich die Facies des geologischen Vorkommens und das Bild an den oben erwähnten Stellen bevorzugten Tuffwachstums. Wie wir später sehen, sind die mächtigsten Lager an Ort und Stelle gewach-

senen, also nicht verschwemmten Tuffes mit unzweideutiger Kaskadenstruktur ausgebildet, teilweise mit noch deutlicher Struktur und Resten von Moosen; so fast durchweg die Aufschlüsse in dem über 15 m mächtigen Tuffriegel von Honau. Für diese Vergrösserung der Verdunstungsoberfläche kommen unter den Pflanzen nur die nicht gänzlich oder nicht dauernd submersen Moose und Algen in Betracht. Jedoch sowohl auf sie als auch auf die Pflanzen, die gänzlich untergetaucht, die Atmosphäre nicht berühren, bezieht sich das Problem der Kalkabscheidung. Typisch für dieses Zerschlagen des Wassers, das zur Austreibung der CO_2 und Kalkabsatz führt, sind unsere Wasserfälle an den Gehängetuffen und die Kaskaden und Schnellen an den Taltuffen, beim Hinabeilen von einer Terrasse zur nächsten. Auch Eb. Fraas berichtet von solchen Tuffbildungen an Schnellen des Kochers und der Jagst.

b)

Die Frage nach der Entstehung des Kalktuffs musste auch botanisch-physiologisch angefasst werden, seit Raspail im Jahre 1833 im Nouv. syst. de chim. org. die Zersetzung der Bikarbonate durch Pflanzen behauptet hatte. Die Pflanzen sollen durch irgend welche Prozesse anlässlich der Assimilation die CO_2 aus den gelösten Dikarbonaten des wässerigen Mediums chemisch-physiologisch abspalten, wodurch Ca CO_3 ausfallen muss. In Betracht kommen besonders Characeen und Moose, aber auch andere Algen und höhere Wasserpflanzen. Diesem Standpunkt haben sich die meisten Pflanzenphysiologen angeschlossen. Bischof und Payen hatten fälschlicherweise behauptet, die Kalkhüllen der Charen — es handelt sich hiebei nicht um die Kalkeinlagerungen in die Membran — seien das Produkt einer Sekretion, ein Irrtum, den Hassak korrigierte. Nur bei Saxifragaarten u. a. treten äusserlich Kalkschüppchen auf, als Excretion besonderer Kalkdrüsen in der Epidermis (Volker): von den Wurzeln aufgenommenes, lösliches Bikar-

bonat wird auf der Oberfläche ausgeschieden und verdunstet sein H_2O und seine CO_2. Bei untergetauchten Charen und Moosen kann es sich, hinsichtlich eines Kalkbelags kaum um eine derartige Aufnahme und vor allem nicht um Verdunstung handeln; zu der Annahme einer spontanen Kalkabspaltung fehlt jeder Grund: dann müssten alle submersen Pflanzen Überzüge zeigen, was aber im härtesten Wasser nicht der Fall ist. Hassak verbesserte die Versuchsanordnung seines Vorgängers Draper und beseitigte Fehlerquellen. Diese von parallelen Kontrollversuchen begleiteten Experimente mit Natriumbikarbonatlösungen und CO_2-freiem Regenwasser zeigten sogar quantitativ die Zerlegung von 76 % des Bikarbonats zu einfachem Karbonat, das sich an den Versuchspflanzen Charen u. s. w. angesetzt hatte. Dass nun die abgespaltene CO_2 tatsächlich verarbeitet und nicht etwa in der angesetzten mit Kalilauge-Bimsstein beschickten U-röhre absorbiert wurde, beweist Hassak folgendermassen: Völlig entstärkte Pflanzenteile, die er 2 Tage lang in obiger Lösung in Lichtgenuss hielt, zeigten eine deutliche Reaktion auf Stärke, zu deren Aufbau die Pflanze nur die CO_2 des Bikarbonats hatte benützen können; gleiche entstärkte Pflanzen in Regenwasser zeigten diese Jodreaktion nicht. Pringsheim beschäftigte sich gleichfalls mit dieser Frage und fand, dass die Benützung des halbgebundenen CO_2 nur bei kräftiger Assimilation im Licht vor sich geht, von den üblichen O-blasen begleitet. Parallelversuche im Dunkeln und diffusem Licht zeigten keinerlei Überrindung; doch erschien die Inkrustation bei nachträglichem Lichtgenuss. Die Abscheidung erfolgte zunächst elektiv an bestimmten Zellgruppen, wohl ihrer spezifischen Assimilationsintensität entsprechend.

Mehr oder weniger vorsichtig ausgedrückt finden wir nun bei fast allen Autoren die Angabe, dass die Kalktuffablagerung sich unter physiologischer Beteiligung der Charen, Moose und anderer Pflanzen vollziehe. Meist wird hiebei auf Cohns Abhandlung über die Entstehung des Travertins bei Tivoli hin-

gewiesen; aber gerade Cohn hat seine Behauptung nicht mit der Schärfe und in dem Umfang aufgestellt, wie sie uns nachher in der geologischen Literatur der letzten fünfzig Jahre entgegentritt. Schon mit Rücksicht auf sein mageres Beweismaterial bietet Cohn mehr nur eine Erklärungsmöglichkeit und gibt gerne zu, dass die Hauptmasse des Travertins sich ohne organische Vermittlung an vorhandenes Material angebaut habe. Auch Potonié z. B. ist vorsichtig; er betont, dass an vielen Stellen sich der Kalktuff auch ohne Pflanzen absetzen würde und dass wir nicht von echten Pflanzenkalken reden dürfen, wo der Kalk nicht bloss an Pflanzen sich ausgeschieden hatte. Dagegen schliesst der sonst vorsichtige Sandberger aus dem Vorkommen von Charenkalken ohne weiteres auf ihre Abscheidung durch die Charen, was ja höchstens zum Teil stimmt. Czapek ist in seiner Biochemie ein entschiedener Anhänger der Abspaltungstheorie. Früh, dem ich da und dort in diesem pflanzenphysiologischen Abschnitt gefolgt bin, kommt dagegen schliesslich zu der Überzeugung, dass genügend freie CO_2 in den Bächen seines Gebiets vorhanden ist und das Bikarbonat mechanisch zerlegt wird; auch bei den Algenpolstern will er diese Erklärung vorgezogen haben.

Gegen die physiologische Abspaltung spricht nun aber verschiedenes: Wenn tatsächlich die Moose und Charen diese Spaltung vollziehen (für Charen wird übrigens neuerdings von Davis eine eigentümliche Aufnahme als Succinat und Abgabe als Karbonat behauptet), so wäre doch hiefür die Annahme einer besonderen Einrichtung unvermeidlich, etwa die Abscheidung einer Säure (so bei Früh) oder enzymatische Vorgänge im Plasma, speziell im Chlorophyll, in welch letzterem Fall der Eintritt des Bikarbonats in den Zellverband hinein nötig wäre. Dieser Eintritt des Kalksalzes in den Organismus und ein spezifisches Zellvermögen für die Kalkspeicherung liegt auch in den Fällen vor, in denen der Kalk in das Cytoplasma oder in die Membran eingelagert wird, so besonders bei marinen und auch

Süsswasseralgen (auch den Charen), vergleichbar der electiven Kieselsäurespeicherung bei vielen pflanzlichen Organismen. In unsrem Fall aber handelt es sich nur um äussere Kalkhüllen, hinter denen etwaige Einlagerungen an Menge weit zurückbleiben. Von einer Säureabscheidung, die nur CO_2 disponibel machen und $Ca\,CO_3$ fällen würden, wurde nie etwas gefunden; schliesslich ist es fast ausgeschlossen, dass die Einrichtungen der CO_2-assimilation in Luft und Wasser auch für die Abspaltung aus dem Dikarbonat genügen oder gar der blosse äussere Kontakt diese veranlassen würde (s. Früh pg. 64). Auch ist noch zu erwähnen, dass Charen, Moose etc. durchaus nicht immer einen Kalkbelag zeigen, nicht einmal im stehenden Wasser, ja dass Charen überhaupt nicht obligat kalkbedürftig sind.

Jedenfalls sind wir diesen seither wenig fruchtbaren Erörterungen enthoben, wenn das schon zitierte Ergebnis der Bodländer'schen Untersuchungen richtig ist und von Bedeutung, dass nämlich stets in diesen Lösungen freie CO_2 vorhanden sein muss, offenbar in einer Geringfügigkeit, der die Empfindlichkeit der Rosolsäureprobe nicht gewachsen ist. Dann ist der Vorgang dieser Kalküberrindung gar kein besonderer, sondern eben die Folge normalen CO_2-verbrauchs bei der Assimilation. Das Resultat der Hassak'schen Untersuchungen ist trotzdem erklärlich, wenn in der Natriumbikarbonatlösung kleinste CO_2-mengen vorhanden waren oder entstanden. Der Verbrauch der geringen Mengen CO_2 verursacht successive den Zerfall des Bikarbonats. Warum freilich nur höchstens $^3/_4$ desselben zerfallen resp. benützt werden, sagt uns diese Erklärung auch nicht besser als die Abspaltungstheorie. Wenn wir ferner erfahren, dass einzelne Pflanzen derselben Art, an einer Stelle überrinden, an andern nicht, so sind wir doch eher geneigt, diesen Umstand auf Wechsel in den Verhältnissen der Nährlösung, Insolation, Unterschiede der Struktur und Assimilationsintensität zurückzuführen, als bei diesen Individuen das plötzliche Auftreten besonderer Fähigkeiten anzunehmen; der Einfluss eines Wechsels

in der Assimilationsintensität ist bei beiden Erklärungsweisen verständlich. Das Verhalten von eingetauchten Luftpflanzen darf nicht herangezogen werden, da ihr anatomischer Bau ein anderer ist (Spaltöffnungen!). Dass nicht alle submersen Pflanzen sich inkrustieren, ist wohl darauf zurückzuführen, dass der Vorgang von der Assimilationsintensität abhängig ist, einer bei den einzelnen Arten, ja Individuen, und nach dem Standort wechselnden Eigenschaft; so ist auch das Ausbleiben des Kalkes in nur diffusem Licht zu erklären.

Wenn wir schon sehen, dass die direkte physiologische Zerlegung des Bikarbonats, ein ziemlich unwahrscheinlicher Vorgang ist, so ist doch der Verbrauch dieser CO_2 und der Kalkabsatz auf den Pflanzenteilen im Laboratorium sicher beobachtet; nur scheint mir die Spaltung indirekt durch den Verbrauch der freien CO_2 vor sich zu gehen. Diese Möglichkeit und Tatsache des Vorgangs, auf die es dem Physiologen ankommt, steht wohl fest; dass aber der Prozess quantitativ, geolgisch bedeutend ist oder es durch Kumulierung wird, das trifft zunächst nur für Kalkablagerungen in stehenden Gewässern zu, in denen Charen, Moose gänzlich untergetaucht sind*). Anders liegt der Fall bei unsern Albbächen: Auf den Moosen und andern Pflanzen, die in den Albbächen und gerade in der Echaz und Wiesatz gänzlich submers vorkommen, habe ich an nicht abgestorbenen Exemplaren nie auch nur die geringste Kalklage angetroffen (nur an den Kaskaden, meist mit intermittierender Wasserbedeckung sind die grünen Moose dick inkrustiert); also verwenden sie entweder überschüssige freie CO_2 oder aber wird ein Niederschlag sofort wieder weggespült. Für die Bildung von Tuffen in den Albtälern kommen aber eigentlich nur die Moose in Betracht, die nur intermittierend vom Wasser bedeckt, überspritzt, überrieselt und befeuchtet werden, so dass die Luftkohlensäure

*) In „Beiträge zur Biologie der Pflanzen“ Bd. X Heft I 1910 spricht Angelstein über die Assimilation submerser Wasserpflanzen in Bikarbonatlösung; er glaubt, dass die Pflanze aktiv CO_2 abspaltet.

ihren Bedarf deckt. So wirken die Moospolster an den Bachrändern oft wie eine Art Schwamm, der das aufgenommene harte Wasser immer von neuem verdunsten lässt, oft auch als Kalkfänger, indem sie transportierte Kalkteilchen auffangen. So hat die Kalktuffbildung in unsern Albtälern, die in grösserem Massstab an den Wasserfällen, weniger an den Kaskaden und Schnellen und zum Teil auf und in den Moospolstern an den Bachrändern vor sich geht, mit der Assimilation der Moosblättchen wahrscheinlich nichts zu schaffen, sondern sie entstehen durch die mechanische Austreibung der CO_2 aus dem aufschlagenden und zerspritzenden Wasser und durch die Verdunstung, zu der freilich die Existenz der Moose das Grösste beiträgt. Die Moose gehören zu jedem grösseren Kalktuffabsatz der Albtäler. Sie bilden so nicht die direkte und auch höchstens selten die indirekte physiologische Ursache des Kalkabsatzes, umsomehr quasi die gegenständliche, indem sie als Objekt den Ort der Ablagerung und auch grossenteils ihre Struktur bestimmen. Dass die Moospolster den unter ihnen liegenden Tuff vor dem Wegschwemmen durch das rasch fliessende Wasser schützen, ist häufig zu beobachten. Aus alledem ersehen wir schliesslich, dass die ganze Frage nach der Kalkberindung bei Wasserpflanzen, ähnlich wie die der Schalenbildung bei den Schaltieren, noch nicht sicher beantwortet werden kann und dass sie mindestens nicht überall die gleichen Hauptursachen hat.

Dass bei stehenden Gewässern die Kalkberindung der submersen Pflanzen wenigstens in den ersten Stadien infolge indirekter Zerlegung und Verbrauchs von halbgebundener und nicht bloss freier Zersetzungskohlensäure stattfindet, kann nicht in Abrede gezogen werden; bei fliessenden Gewässern jedoch muss die Bewertung einer physiologischen indirekten Mitwirkung der Pflanzen, soweit sie überhaupt abläuft, sich noch erheblich mindern und die passive Rolle der Moose etc. noch mehr hervortreten, wenn wir betrachten, dass diese Wirkung höchstens von kurzer Dauer ist: Wie wir an einem Dünnschliff beob-

achten können, dringen schon bei einer Kalklage von $^1/_{10}$ mm Dicke die Sonnenstrahlen nur sehr geschwächt durch den amorphen Kalk; jedoch kann manchmal die weitere Anlagerung von Kalk unter Vermittlung von Algenüberzügen vor sich gehen. Vollends nach der rasch erreichten Dicke von 1 mm kann höchstens noch eine Zeit lang von einer Atmung des in dem Kalkfutteral eingeschlossenen Pflanzenkörpers die Rede sein. Denn, wo überhaupt inkrustiert wird, wird meist rasch inkrustiert: So fand ich am Reussenstein unter einer 5 cm dicken Tuffschicht ein Buchenblatt in noch nicht vermodertem, nur gebräuntem Zustand. Es finden sich ferner noch nicht zerfallene, schöne Chlorophyllkörper in Moosteilen, die schon mehrere cm tief in ihren Kalkcylinderchen stecken, so z. B. am Hügelbrunnen. Die Angabe von Früh (pg. 66), dass er chlorophyllreiche Teile von Moosen nie habe reichlich von Kalk überzogen sehen, sondern nur abgestorbene Basalteile, trifft jedenfalls auf unser Gebiet nicht zu; dagegen stimmt es bei submersen Moosen. Die Pflanzen helfen sich mit einem relativ raschen Spitzenwachstum, das bei Charen und unsern pleurocarpen Laubmoosen unbegrenzt ist, wobei die basalen Teile oft längst tot sind, da die „Einmauerung bei lebendigem Leib" recht rasch vor sich geht. Ja von einem Autor wurde schon eine Überholung des Mooswachstums durch das Tuffwachstum beobachtet. Betreffs des Anteils niederer Algen sei auf die Cohn'sche Arbeit über die Algen des Karlsbader Sprudels und auf spätere Notizen über Schalentuff verwiesen.

Die Inkrustationen nehmen an Dicke meist noch länger zu; wir haben schliesslich ein wirres Haufwerk von um einstige Moose und Äste gelegten Kalkcylindern, deren Wände bis $^1/_2$ cm, häufig aber auch 1 cm und noch erheblich dicker werden. Die einmal gebildete Kalkrinde ist die natürliche Ansatzstelle für weitere Abscheidungen. So liegt mir ein Inkrustat vor, das sich um einen etwa 7 mm dicken Ast legte und in über 25 concentrischen Ringen einen Durchmesser von 8—9 cm er-

reichte. Solche verhärtete Inkrustate mag man Pseudostalactiten nennen; sie behalten jedoch einen relativ weiten cylindrischen Hohlraum, wie er bei den ähnlichen Stalactiten nie vorkommt. In allen Fällen werden die Maschen des Kalkgerüstes teils sofort, teils diagenetisch durch amorphen Kalk mehr oder weniger ausgefüllt und die Porenwände erhärten; eine gewisse Porosität, ja Cavernosität bleibt aber erhalten.

Wenn wir so gesehen haben, dass Moose und Algen die geeignetsten und bevorzugtesten Ansatzobjekte sind, dass zwar die Hauptmasse solcher Tuffe aus Anhäufungen von diesen Kalkinkrustationen besteht, dass aber vitale pflanzliche Prozesse in fliessenden Gewässern mindestens keine grosse Rolle spielen, so ist es sprachlich nicht korrekt, bei Bachkalken unserer Art von phytogenen Kalken und erheblicher pflanzenphysiologischer Mitwirkung zu sprechen, wie es seit Cohn in viele Lehrbücher aufgenommen ist. Ganz übereinstimmend mit diesen Ansichten ist, dass da, wo die Moose Inkrustate zeigen, auch die andern Fremdkörper im Bereiche des Spritz- und Rieselwassers derselben nicht entbehren. Ferner stimmt zu dieser Einschränkung der pflanzlichen Beteiligung eine Beobachtung, die übrigens schon Eulenstein am Uracher-Fall gemacht hat: Dass dieselben Moose, die in der Region des Spritz- und Rieselwassers Inkrustation zeigen, diese oberhalb des Falls, wo sie auch seltener sind, vermissen lassen. Auch ist der Kalkbelag der Moose nicht electiv und etwa auf die assimilierenden Blättchen der Moose beschränkt, sondern er hüllt Stengel, Aste und Blättchen ziemlich gleichmässig ein, so dass sich bald kaum mehr die Konturen andeuten.

III.

Ehe ich eine Beschreibung der Gesteinsformen des Kalktuffs gebe, will ich eine kurze Bezeichnung der wichtigsten und instruktivsten Steinbruchaufschlüsse geben: P_3 soll der Doppelbruch am Südostausgang von Pfullingen an der kleinen Bahn-

brücke heissen; P_2 liegt 50 m östlich der Papierfabrik Pfullingen; P_{10} ist der Bruch an der Strasse beim Bahnviadukt südlich der Pfullinger Hallen; Un_3 liegt an dem Querweg 100 m östlich der Haltestelle „Spinnerei Unterhausen". H_1 ist der verlassene Bruch östlich, H_3 der grösste Bruch westlich der Honauer Kirche; Ur_3 südlich der Kunstmühle Urach, westlich der Strasse nach Seeburg mit einer hübschen Tropfsteinhöhle; $Gö_3$ seien die Brüche beim Gönninger Wasserfall. Am vielseitigsten ist der Bezirk des Echaztales mit etwa 35 Brüchen, in zweiter Linie kommen die Seeburger und Gönninger Tuffe; in vielen Brüchen wird fast ununterbrochen gearbeitet.

1) Der Bachkalk ist weder genetisch noch morphologisch etwas einheitliches; seitherige Einteilungen sind weder scharf noch erschöpfend z. B. 1) schaliger, 2) erdiger, 3) dichter harter, 4) Alabastertuff ist eine Systematik, die den sehr verbreiteten Tuffsand u. a. gar nicht aufnimmt. Abgesehen von der schon oben genannten Unterscheidung von Gehänge- und Taltuff ergab sich für mich eine prinzipielle Zweiteilung aus der Entstehung. Wir müssen die Bachkalke in a) primären oder gewachsenen Tuff als chemisches Sediment und b) Schwemmtuff unterscheiden, der als Zerstörungs- und Transportprodukt des ersten ein fluviatil-klastisches Sediment mit ganz anderer Lagerungsform darstellt. Die dritte Art von Sedimentation, die organogene, ist, streng genommen, in den Kalktuffen nicht vertreten.

2) Für den gewachsenen Tuff, zu dem der Gehängetuff zu zählen ist, typisch ist seine molekulare Entstehung durch die Verdunstung des Wassers und Austreibung der CO_2, sein Absatz auf Moosen und andern Pflanzen, allerlei Geäste und Wurzelwerk, und meistens seine Porosität, die sich teils dadurch erklärt, dass Hohlräume schon beim Übersintern unausgefüllt bleiben, teils durch das nachträgliche Verschwinden der inkrustierten Körper. Diese molekulare Abscheidung und Verkittung bedingt trotz der Porosität eine grössere Festigkeit und Härte als beim Schwemmtuff, wozu natürlich die diagenetische Um-

krystallisierung und Einbauung neuen Materials ein übriges tut. In grösseren Massen wird jedoch nie bei uns die Härte und Schwere des bei den Römern sehr beliebten Travertins erreicht, was die längere Dauer der Diagenese und klimatische Bedingungen verursachen mochten. Die Porosität dieser Tuffsorten (Moos- und Stengeltuff), schon durch den dumpfen Ton beim Anschlagen sich verratend, weist auf primäre Entstehung; diese Struktur wird oft durch dicke Versinterung unkenntlich; sie ist zugleich eine Illustration für die Raschheit des Vorgangs, die nur eine mangelhafte Ausfüllung der Maschen zulässt. Die Porosität ist manchmal bis zur Kavernosität gesteigert, ja durch besondere Bedingungen, an Überhängen, Hohlkehlen, Nasen bei Wasserfällen, sowie durch Tuffabstürzungen, bilden sich grössere Hohlräume und wirkliche Höhlen im Tuff, die sich von ihren Schwestern oben am Hang im Weissen Jura δ und ε dadurch unterscheiden, dass sie nicht erst sekundär gebildet sind. Moostuffe, deren Wände in den Hohlräumen und Poren gar nicht versintert sind, sind zunächst in bergfeuchtem Zustand weich und mehlig. Erreicht diese Verhärtung eine grössere Dicke, so werden diese Gebilde der zweiten Unterabteilung des primär abgeschiedenen Tuffes ähnlich: den Sinterdecken und Sinterwänden, besonders auf Spalten und Höhlungen. In diese zweite Kategorie gehören auch die bekannten Stalaktiten und Stalagmiten; über deren Entstehung will ich mich nicht weiter verbreiten; jedenfalls aber ist unrichtig, dass Algen oder andere Pflanzen zu ihrer Entstehung verlangt werden. Dieser Sinter tritt oft mit besonderen Formen auf: kissenförmig, nieren- und blumenkohlartig, auch als Zapfen um Wurzelwerk herum, wie an dem seitwärtigen Tuff bei Ur_3 als Neubildung zu beobachten ist. Gerade in solchen Hohlräumen und Nischen finden wir oft jene wundervoll zierlichen Tuffpartien, die gerne zu Grotten, Aquarien und Einfassungen verwendet werden. Dieser zarte, Moose, Ästchen und Würzelchen einst umhüllende Tuff muss meist hängend gebildet worden sein, da er sonst zerdrückt

worden wäre; $G\ddot{o}_3$ liefert die hübschesten Sachen. Zum Sinter sind auch die harten, konzentrisch-geschichteten Kalkwände um Stengel etc. herum zu zählen. Sie sowohl als auch die bis 5 cm dicken Sinterflächen, die auch heute noch an Dicke zunehmen, bestehen fast nur aus $Ca\,CO_3$; sie sind hart und schwer und teilweise durch Eisen gelb und braun gefärbt, wozu geringste Mengen genügen; auch die tiefbraunen, glänzend spätigen Sinter geben ein weisses Pulver.

Vom Sintertuff finden sich Übergänge zum „Schalentuff", von den Steinbrechern teilweise „Gallen" genannt im Gegensatz zum „bräveren", zu Bausteinen verwendbaren Fels. Der Schalentuff tritt nicht in grösseren Massen auf, bildet vielmehr einzelne, weichere Partien. Er besteht aus parallelen, meist welligen, manchmal konzentrisch-schaligen, selten horizontal geschichteten Lagen von feinporigem, mehr erdigem Tuff, der zwar innerlich zusammenhängend ist, aber doch gerne zu Tuffsand zerbröselt; teilweise sind harte Sinterlagen eingelegt. Manchmal zeigt er ein Geflecht feinster Tuffröhrchen und ist somit organischer Struktur etwa von einem Algengespinst herrührend (Vaucheria?); Stücke von P_3 und Reussenstein zeigten in Salzsäure keine besonderen organischen Reste. Oft muss er durch Verdunstung seichten, über gewölbte, verbreiterte Unterlagen rieselnden Wassers entstanden sein. Hierher gehört auch der Tuff, der unter Vermittlung von Algen in den Rinnen und besonders an den Auffallregionen der Wasserfälle z. B. bei Urach und Güterstein entsteht. Er ist weichschalig, fein porös, aussen durch Algen braun und geht nach innen teilweise in Moostuff über, da die Auffallstellen nicht dieselben bleiben.

Kompakten primären Tuff in horizontalen Lagern haben wir im Echaztal nirgends in grösserer Menge; fast aller primärer Tuff ist poröser Moostuff, der oft keine deutliche Schichtung in seinen Aufrissen zeigt; jedoch besonders Schnitte in der Längsrichtung des Tales zeigen den zu 30°, 50° und mehr Grad geneigten, welligen, stufigen Aufbau zur Evidenz, wie es

die Entstehung an breiten Wasserfällen und Kaskaden mit sich bringt. Am schönsten zeigen diese Verhältnisse H_1, O_3, H_3, welch letzterer Bruch neuerdings sogar ungefähr nach solchen Flächen abgebaut wird. Diese welligen Konturen, die in der Talrichtung, aber auch seitwärts einfallen, werden markiert teils durch härtere Sinterflächen teils durch auswitterndes weicheres Material und durch Reihen von Sand- und Geröllschnitzen. Selten ist, dass, wie in H_1 der Felstuff nur etwa das Gefälle der Talneigung besitzt, offenbar auf stark verbreiterter Talsohle gebildet. Alle diese Lagerungsformen sprechen durchaus nicht für direkte pflanzliche Beteiligung, ebenso wenig die Tatsache, dass zahlreiche Jurabrocken, Äste mehrere cm dick schalig übersintert sein können, und auch die, im Fels übrigens nicht sehr zahlreichen Schneckengehäuse oft einen festhaftenden Kalküberzug zeigen. Nicht bloss bei den krystallinen Sinterflächen und Kalkcylindern, sondern auch bei dem weichen Schalentuff zeigen sich eine Art Saisonringe infolge der verschiedenen, je nach dem Eisengehalt zwischen Weiss, Gelb, Braun schwankenden Farbennuancen.

3) Die 2. Hauptabteilung des Tuffes habe ich Schwemmtuff genannt. Seine Existenz in so grossen, dem primären Tuff im Echaztal fast gleichkommenden Mengen verdankt er der leichten Zerstörbarkeit des gewachsenen Tuffes: Was das Wasser oft kaum gebaut, zerstört es wieder in Kürze. Durch eindringenden Regen und das Gefrieren des Wassers in den Hohlräumen des porösen, unplastischen Gesteins wird der Tuff gelockert und zertrümmert, so dass in diesen Zeiten der Aufenthalt zwischen den steilen Wänden nicht ungefährlich ist. Die Wasserläufe transportieren den Tuffschutt und schwemmen ihn je nach Grösse der Bestandteile, der Stosskraft und Art der Uferformen teilweise wieder an. Schon durch mechanische Kraft hat der Bach sich da und dort Erosionsformen im Tuff herausgearbeitet: Wannen, Kessel, Hohlkehlen, die dann oft von Schwemmtuff angefüllt werden; diese Formen sind deutlich in

dem alten Bachbett unterhalb der Olgahöhle in Honau. Der Schwemmtuff erscheint in verschiedenen Formen: als Schnitzen von Gerölle, Tuffkugeln, Erbstuff, als Tuffgries, als lockerer, unverkitteter Sand, in mächtigen, mergeligen Massen von schmieriger Beschaffenheit mit eingebackenen, zahllosen Tuffbrocken, als kleinere oft intensiv rot, gelb oder braun gefärbte lehmige Einschwemmungen. Während der primäre Tuff mehr konvexe Konturen zeigt, so lagert sich der sekundäre Tuff horizontal oder konkav ab, oft mit sehr schöner Schichtung; bei Ur_3 z. B. konnte man schiefe Muldenausfüllungen ohne Einrutschungen beobachten. Ferner ist diesen Tuffen gemeinsam, dass sie nicht mehr grobporös sind, vielmehr ohne Lücken und meist unverkittet. Sowohl Material als Lagerungsform sprechen für die sekundäre Natur; auch sind die Schneckenschalen selten übersintert. Seine Entstehungsweise lässt uns auch die fortgesetzten Diskordanzen verstehen und die häufige Diagonalschichtung älterer und jüngerer Sande (bei P_3 oft 4mal auf 1 m), das häufige unregelmässige Auskeilen. Alles deutet darauf, dass wir den Niederschlag der vom Tuff gelieferten Bachgerölle und Bachsuspensionen vor uns haben, für welch letztere L. v. Buch irrtümlicherweise jeden Kalktuff gehalten hatte. Diese Sandbänke und Ausfüllungen sind auch heute an geeigneten Stellen der Echaz zu beobachten; sie durchragen manchmal den Wasserspiegel. Im Schwemmtuff zeigen sich oft bläuliche bis bräunlich-schwarze, mehrere cm dicke Lagen, die nach ihrem Gehalt an Lehm, Sand und Humus zu schliessen, von grösseren Überschwemmungen herrühren. Auch deuten sich da und dort Zwischenschichten an, die offenbar während eines Hiatus der Überflutung eine Vegetation getragen haben.

Der Tuffgrus (Tuffgerölle, Tuffkies) besteht aus ungleichen, unregelmässig abgerollten Fragmenten von Felstuff; und bildet teilweise selbständige Lager, teils ist er in sandige und lehmige Tuffe eingestreut. — Zu kleinen, seltenen Nestern zusammengeschwemmt sind die ziemlich runden, rauhflächigen Tuffkugeln

von Taubeneigrösse. Mit Erbstuff möchte ich relativ häufige und mächtige Packungen von erbsengrossen, oft auch etwas länglichen Individuen bezeichnen. Sie ähneln im Aussehen unverkittetem Bohnerz; ihre Grösse kann nach oben oder unten auf Hirsekorngrösse sinken, ja sie können allmählich in Sande übergehen, aber immer sind in einer Lage gleich grosse Stücke. Sie haben eine durch den oxydierten Eisengehalt braune, meist glasierte, harte Oberfläche; völlig rund sind sie selten. An einzelnen Stellen sind sie durch bläulichen Ton schlecht verkittet. Die Tuffkugeln und den Erbstuff ist man zuerst versucht für abgerissene und abgerollte Fragmente von Tuffinkrustaten zu halten. Jedoch zeigen Schliffe in beliebiger Richtung einen allseitig geschlossenen konzentrischen Schalenaufbau; Konkretionen können es auch nicht sein, da sie oft grosse lockere Haufen bilden. Der Kern der Schalen ist ein sandiges Gefüge von Kalktuffmaterial, das keine bestimmte Struktur zeigt und das sich wegen seiner Zerreiblichkeit nicht im Dünnschliff fassen lässt. Wir haben also eine Art Pisolite vor uns, deren Entstehung so zu denken ist, dass sich um ein Aggregat von Kalksand oder ein Tufffragment etwa in einem Strudel, am Rand eines Beckens neuer Kalk Schicht um Schicht niedergeschlagen hat; solche Strudel an Kesseln und Wannen sind an den Wasserschnellen zu beobachten; die glatten Erosionshöhlungen bei Honau, wie kleine Gletschertöpfe, habe ich schon erwähnt. Die Glättung und Emailierung des Erbstuffs kam wohl durch gegenseitiges Abreiben und Scheuern an den Wänden zu Stande Die Lagerung deutet eher eine Verschwemmung an als ein Liegenbleiben an der Bildungsstelle. Die salzsaure Auflösung des Erbstuffs ergab zwar viel pflanzlichen, feinen Detritus, aber keine bestimmten Formen, etwa Algen, die zum Aufbau beigetragen hätten. Manche ähnliche Gebilde sind keine Neubildungen, sondern abgerollte Inkrustatfragmente. — Sprödes Material und weitgehende Zerstörung lieferte die Masse von Tuffsand, bald in breiten, mächtigen, horizontalen Lagern, bald als

Ausfüllungen von Wannen und Einebnungen. Von einem interessanten Vorkommen von über 5 m mächtigen Charensanden soll später noch einmal die Rede sein. Die Sande sind oft zwischen felsige Partien eingeschaltet, so in P_{10}. — Noch feineres Material, von geringster Korngrösse, stellt der mergelige Kalktuff dar: er ist ziemlich kompakt, zäh und teilweise knetbar (bei P_3 vorne); getrocknet wird er spröd, rissig und zerfällt teilweise. Häufig sind diese Massen mit Tuffstücken vermengt. Schliesslich erwähne ich den äusserst feinen, lehmigen Tuff, der besonders in P_3 und P_{10} Einschwemmungen in Höhlungen und in die Stengelhohlformen bildet. Seine Farben zeigen manchmal wechselweise, alle Nüancen vom reinsten Weiss über Gelb, Rot, Braun bis zu schwärzlichen Farben. Die intensiv gefärbten Partien von P_{10} sind nicht mehr sandig und unverkittet und ähneln dem Eisenocker, während die hellen Stücke sich noch getrocknet beliebig zerschneiden lassen. Er ist sekundär wie aller Höhlenlehm, aber hier nur Einschwemmung und nicht teilweises Residuum; der meist intensiv rot abfärbende Lehm in P_{10} führt Vitrellen. Die Art des Vorkommens schliesst fast aus, dass dieser Eisenocker der direkte chemische Absatz einer einstigen Quelle ist, wie es Kayser von Kissingen berichtet. Der die Färbung veranlassende starke Eisengehalt (s. Analysen) mag eher vom benachbarten unteren braunen Jura, als vom weissen Jura herrühren. In der braunen Grundmasse von ca. $^1/_{20}$ mm kleinen Körnchen leuchten unzählige weisse Schalenfragmentchen auf, die die Färbung nicht annahmen. Der unlösliche Rückstand zeigt Quarz- und Kohlerestchen. Häufige blaue, lehmige, glänzende Deckhäutchen machen einen so frischen Eindruck, als ob sie erst in jüngster Zeit als feinste Suspensionen von den oberflächlich aufgeschlämmten Kulturschichten eingeschwemmt worden wären. Stratigrafischen Wert haben diese Gebilde nicht. Die Spalten- und Höhlungswände in der Nähe sind durch Eisenoxydhydrat, nicht etwa Russ, gebräunt und geschwärzt (P_{10}). — Hieher gehören schliesslich die oft

dicken Bodenlehme in Hohlräumen (z. B. in $G\ddot{o}_3$), nach deren Öffnung der Tufflehm sich durch Trockenrisse zerteilt.

4) Es ist nun aber nicht so, als ob die einzelnen Tuffsorten je nur für sich vorkämen, sondern in einem Steinbruch können alle Sorten in verschiedener Lagerung und Verknüpfung auftreten, was diesen Ablagerungen bei näherem Zusehen ein viel abwechslungsreicheres Bild verleiht, als es der scheinbar Einheitliches zusammenfassende Namen „Kalktuff" vermuten lässt. Nicht nur die Entstehungsweise, sondern auch der Gehalt an Ca CO_3 ist ziemlich verschieden. Mit der Zweiteilung der Bachkalke stimmt vorzüglich, dass in den obern Teilen des Tales (H_1, H_3 u. s. w.) der gewachsene Tuff weit überwiegt und in diese nur einzelne Schmitzen Schwemmtuff eingelegt sind, da wir naturgemäss noch wenig zerstörtes Material erwarten können. Es ist dies ein Verhältnis, das sich talabwärts zu Gunsten des Schwemmtuffes (Sand und Mergeltuff) ändert, so dass in den meisten Brüchen des Pfullinger Bezirks der sandige und mergelige Kalktuff die grössere Masse darstellt. Eine unbeabsichtigte Illustration hiezu ist, dass unsere Topografen oberhalb Unterhausen die Bezeichnung Stbr., bei Pfullingen aber Sgr. (Sandgrube) gewählt haben. — Eine mehr oder weniger deutliche Schichtung kann bei allen Tuffsorten, in gewissem Sinn auch beim Moos- und Geästetuff auftreten; sie ist veranlasst durch Unterschiede in der Struktur, Dichte, Härte, Farbe u. s. w. Besonders die oft breiten, dunklen Bänder in dem grauweissen Tuff erleichtern das Horizontieren und Konstatieren des Einfallens; in Anbetracht ihres Durchgehens können sie nicht durch spätere Infiltration entstanden sein, eher durch Überschwemmung.

5) Schliesslich seien einige Beziehungen zum Muttergestein des Kalktuffs, zum Jura erwähnt, von dem sich der Tuff auch in kleinsten Stücken durch den schaligen, cylindrischen, porösen Bau unterscheidet. Schutt vom Weissen, in der Pfullinger Gegend mehr vom Braunen Jura, durchsetzen häufig den Tuff in ganzen Lagen und Schmitzen. Auch sind allenthalben

viele Jurastückchen im Tuff eingestreut. Der Aufsturz von Jura in grösseren Massen, wie beim tertiären Höttinger Breccientuff, ist bei uns nicht eingetreten.

6) Wenn wir von den Abtransportierungen absehen, so sind die diagenetischen Veränderungen am Tuff nicht gross. Es sind fast nur die Versinterungen im Innern der Poren und an den Wänden in Betracht zu ziehen, mit meist sehr harten, weissen krystallinen Lagen. Die Sinterdecken an jungen Bruchflächen sind höchstens 2 mm dick und zeigen Stengel und Gefässbündelabdrücke noch so scharf, dass hier nur von Umkrystallisation geredet werden kann. Sinterwände an alten Flächen sind viel dicker und offenbar nachträglich ankrystallisiert, wobei also ein Zuwachs an Material eintrat im Gegensatz zur Umkrystallisation. Schon an ganz kurz erst entstandenen Wänden der meist rechteckig abgebauten Brüche tritt diese Sinterverstärkung auf und kann auch bei erdigem, rutschendem Material den Eindruck der Festigkeit vortäuschen. Von der starken Erosion haben wir schon geredet, auch Zama berichtet bei harten italienischen Travertinen von Ausfurchungen bis auf die Unterlage. In dem lockeren Schwemmtuff habe ich nirgends eine wirkliche spätere Verfelsung wahrnehmen können. Von der bei Walther und auch bei Früh so hoch eingeschätzten Wirkung der durch Cellulosezersetzung entstandenen endogenen CO_2 dürfen wir in unserem Falle absehen, da die Masse der Pflanzeneinschlüsse im Verhältnis zur Kalkmasse recht spärlich ist und ausserdem noch, wie Früh sicher richtig anführt, wegen der Quellung in Wasser, zu hoch taxiert wird. Gerade diese durchgehende Versteifung der Poren und die Schichtungslosigkeit macht doch den gewachsenen Tuff schwer durchlässig für Wasser, so dass schon 2 m neben dem Bachbett ein Tuffbruch ausgeschachtet werden kann. An manchen Stellen (so bei O_6 und Ur_2) wird der ursprünglich mindestens äusserlich amorph gefüllte Tuff fast durchweg krystallin und hart und zeigt spätigen

Bruch ähnlich dem Sinter. Von manchen Tropfsteinen ist die Bruchfläche nach dem Grundrhomboeder ja bekannt.

7. Es ist also mineralogisch zwischen dem amorphen und krystallinen Kalktuff zu unterscheiden: letztere Eigenschaft wird von einzelnen Partien des Moostuffes sekundär erreicht. An einer Stelle aber ist es zur Ausbildung von mehrere cm grossen Calcitkrystallen gekommen, was in so jungen Ablagerungen nicht häufig ist. Das spezifische Gewicht kann bei den harten groblochigen oder kompakten Kalktuffstücken nach der Auftriebsmethode bestimmt werden; das spezifische Gewicht des porösen und sandigen Tuffes ist verschieden, je nachdem einfach die Raumausfüllung des ganzen Stückes in Rechnung gebracht oder die lufterfüllten Poren in Abzug gebracht werden, die die Auftriebsmethode ausschliessen. (Reiner Kalkspat hat das spezifische Gewicht 2,6—2,8).

Harter Sinter von Güterstein 2,43 spezifisches Gewicht.

Harter, groblochiger Moostuff von O_6 2,25 spezifisches Gewicht.

Ganz poröser, junger Moostuff weniger als 1. (Das Verhältnis von Schwere zum Kubikinhalt des ganzen Stücks oder das Raumgewicht, wobei die Mooscylinderchen höchstens 1 mm Wanddicke besassen). Kompakter Tuffsand (zimmertrocken) 1,2 spezifisches Gewicht. Ein Stück typischen Moostuffes von H_3 2,28 spezifisches Gewicht, wobei die Luft längere Zeit zum Entweichen erhielt. Wie ich an typischem Moostuff untersuchte, vermögen diese Tuffe in bergfeuchtem Zustand bis zu 34 % ihres Eigengewichts an Wasser zu absorbieren: Die zahlreichen kapillaren Hohlräume bedingen diese erhebliche Saugkraft.

Der krystalline Kalktuff unseres Gebietes ist wie in den meisten Fällen, calcitisch; die Meigen'sche Reaktion (an Sinter vom Uracher Fall, vom Echaztal, an versintertem Moostuff, an den zu beschreibenden Höhlenkrystallen usw.) gab stets, soweit der Lehm- und Eisengehalt ihre Anwendung nicht ausschloss, die himmelblaue Färbung für Calcit, nie die Aragonitreaktion.

Die aus dem Albgebiet bekannten, übrigens auch älteren Aragonitvorkommen von Böttingen und Laichingen verdanken ja besonderen Bedingungen ihre Existenz. Nicht bloss Tropfsteine, sondern auch krystalline Kalkcylinder um axiale, von einstigen Stengeln herrührende Kanäle zeigen häufig im Querschnitt einen Wechsel von Lagen gelber (Fe!), amorpher Kalkerde mit Lagen radialstrahligen, im Dünnschliff durchsichtigen, glasartigen Calcits. Der Wechsel ist alternierend und wiederholte sich in einem Fall über 60mal. Dieser Wechsel ist auf cyclische Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Lösung zurückzuführen. Da jedoch jede 2. Lage fast völlig klar ist, so mögen wohl auch spätere Krystallisationsvorgänge eingegriffen haben, die die Verunreinigungen von $Si\,O_2$, Fe und Al in die erdigen Zonen drängten. Die zentralen Kanäle sind meist sehr eng und in der Mehrzahl vorhanden.

Originell und bisher unbeschrieben sind die eben erwähnten Calcitkrystalle, an den Wänden der Uracher Höhle im Kalktuff in grösserer Zahl aufsitzend; sie besitzen einen mir bisher von keiner Varietät bekannten Habitus. Ich konnte sie nicht anders deuten denn als Rhomboeder, die mit dem einen Ende in ganzen Aggregaten den Wänden breit aufsitzen, die aber von dem andern, wahrscheinlich einst freien, Ende her, unregelmässig nach der Basis korrodiert sind; die Abtragung hat die ursprünglichen Mittelkarten schon überschritten. Die den Wänden ungefähr parallele, dreieckige Basis ist jedoch durch die Korrosion ganz unregelmässig stark vertieft, so dass rhomboedrische Krystallskelette herauspräpariert wurden. Auch die Rhomboederflächen sind etwas korrodiert und zeigen die parallelogrammatische Leistengitterstruktur in niederem Relief, stets mit denselben deutlichen Winkeln. Der Kantenwinkel, der wegen der Undurchsichtigkeit der Krystalle mit dem Reflexionsgoniometer gar nicht, mit dem Anlegegoniometer wegen der unregelmässigen Austiefung der Korrosionsbasis nur ungenau messbar ist, beträgt ca. 82°, was dem Rhomboeder den Index 8 gäbe; und zwar

– 8 R, wie sich aus der Lage des Grundrhomboeders schliessen lässt, das mehrmals als glänzende Bruchfläche erhältlich war; der innere Bau zeigt teils körnige, teils spätige Struktur und gelblichweisse Farbe. Das spezifische Gewicht erreicht 2,44, die höchste Zahl bei diesen Kalktuffen. Eine quantitative Analyse ergab

$Ca\,CO_3$ fast 96 %,
unlösliches, besonders $Si\,O_2$ (geglüht) 2,7 %
$(Al_2O_3 +)\ Fe_2O_3$ 0,8 %

Diese Krystalle verdanken vielleicht den in der Tuffhöhle empordringenden Quellen ihr Dasein, sowie der guten Ventilierung dieser Höhle; die Korrosion ist wohl auf ungesättigte CO_2-reiche Oberflächenwasser zurückzuführen, die durch die dünne Bodenschicht Eingang fanden. Diese interessanten Krystalle leiten gewissermassen vom eigentlichen klaren Kalkspat über zum krystallisierten Sandstein von Fontaineblau und vom Buntsandstein; sie besitzen aber gegenüber diesen entsprechend ihrer geringen Verunreinigung, einen höheren Krystallinitätsgrad. Die Krystallisationskraft hatte nicht bloss zur Ausbildung von äusseren Flächen gereicht, sondern auch der chemische Abbau, der grobe und feinste Leisten herausarbeitet, und die Bruchflächen zeigen deutlich die rhomboedrische Struktur.

8. Auflösungen unseres Bachkalkes in schwacher Salzsäure hinterlassen hauptsächlich braune von Fe und Al herrührende Flocken, dazu aber allerlei organischen Detritus, Cellulose- und Kohlestückchen, sowie kleinste Quarzsplitter. Unverkennbare Moostuffe enthalten, sofern sie noch jung sind, noch zusammenhängende Laubmoosfetzen. Aber auch offenbar sehr alter Moostuff, von H_1 und H_3 unten, zeigte noch unbestimmbare kleinste Membranpartikelchen und Faserteile; nur in seltenen Fällen blieb dieser pflanzliche Rückstand aus. Eigenartig sind kleine warzenartige Knöllchen, die sich auf Sinterflächen selten fanden und in HCl stets je einen ca. $^1/_2$ qmm grossen pflanzlichen Rest hinterlassen. Ein Stück typischen Moostuffes hinterliess

auf 5,883 g nur 0,064 g pflanzliche und Kieselsäurereste. Eine Lösung des Schwemmtuffs zeigt natürlich nur gänzlich zerriebene Reste und teilweise auch Kohlepartikel.

9. Chemische Analysen von unseren schwäbischen Bachkalken sind mir nicht bekannt. Dagegen finden wir zum Vergleich bei Roth:

	$CaCO_3$	$MgCO_3$	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Unlösl.
Travertin von Tivoli . .	97,4 %	0,76 %	0,64 %	0,41 %		0,02 %
Dil. Mergelkalktuff .	62		18	1,6	1,7	
Röm. Wasserleitungssinter v. d. Eifel .	99,35	0,2			0,13	

Meine Analysen der Echaztuffe ergaben, der Beschaffenheit des Hauptmuttergesteins entsprechend, für die grosse Masse des Moostuffs einen hochprozentigen Kalkgehalt; dazu tritt besonders beim Schwemmtuff SiO_2 in nennenswerten Mengen und in der Pfullinger Gegend vor allem ein Gehalt an Fe, der kaum mehr vom weissen Jura und dem Gehängeschutt sich ableiten lässt, sondern von der Eisenschüssigkeit des hier benachbarten unteren braunen Jura stammt.

Typischer heller Moostuff von H_3 enthielt auf 0,6811 g bei 110° getrockneten Materials 0,6671 g $CaCO_3$ (annähernd 98 %), ferner SiO_2 + Organisches, Humus 0,0126 g (bei 90° getrocknet, 1,8 %), und Eisen und Aluminium auf $FeCO_3$ und $Al(OH)_3$ berechnet 0,004 g (= 0,6 %, Fe_2O_3 + Al_2O_3 = 0,0022 g): eine andere Analyse ergab 95 % $CaCO_3$. Wo sich in der Rubrik Organisches + SiO_2, viel Organisches und wenig SiO_2 befindet, wie gerade beim Moostuff, ändert sich diese Zahl sehr mit dem Grad der Erhitzung im Trockenschrank. Das Gegenstück zu dieser Analyse bilden die ockerigen Einschwemmungen in P_{10}. Auf 0,4822 g kam nur 0,0375 $CaCO_3$ (7,8 %); unlösliches, besonders SiO_2: 0,0396 (8,2 %), dagegen 0,2863 Fe_2O_3 und 0,0155

Al_2O_3. Auf welche Hydratstufe dieser Fe- und Al-gehalt berechnet werden muss, habe ich nicht festgestellt: auf $Fe(OH)_3$ berechnet, erhält man allein 81,7 % an Eisenoxydhydratgehalt. Auf 0,5358 g getrockneten Höhlenlehm in der Tuffhöhle von Urach kam 0,0982 g $CaCO_3$ (18,2 %), $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ 0,0636 g und 0,3014 g SiO_2 (geglüht!), also abzüglich des vorher vorhandenen Wassergehalts über 56 %. Mg zeigte sich bei allen Analysen höchstens in Spuren; auf das Konto der Alkalien, die hier weiter kein Interesse bieten, können höchstens Bruchteile von Prozenten kommen; auch Phosphor war nachzuweisen. Ein grauer, plastischer, mergeliger Tuff von P_3 enthielt trotz seiner Knetbarkeit sehr wenig Al und Fe, jedoch ziemlich viel Unlösliches; SiO_2, Humus und Kohle (Bleichung beim Glühen!); ähnlich die nachher erwähnten dunklen, mergeligen Bänder. Die Sinter im engeren Sinne sind über 99 %ig, selbst die braunen Stücke zeigen nur minimale organische Reste und einige Flöckchen Fe- und Al-Niederschlag. — Da der Fe-gehalt des gewachsenen Tuffes diesen nicht färbt, dürfen wir seine Gegenwart in Form von Carbonat annehmen, als welches es mit dem $CaCO_3$ abgesetzt wurde, jedoch verrät sich dieser Gehalt durch rostige Schnüre und Flecken von Eisenoxydhydrat in dem durchfeuchteten Gestein, Oxydationswege von Eisenkarbonat. Zur Erklärung des Eisengehalts genügt der weisse Jura und sein Gehängeschutt (doch siehe oben). Krystalline Rot- oder Brauneisensteinbildungen konnte ich nirgends beobachten.

10. Es kann sich nun nach meinen Erfahrungen nicht darum handeln, für die ganzen Tuffablagerungen des Echaztales durchgehende faunistische oder petrografische Horizonte aufzustellen, wie wir es von der Sedimentärgeologie sonst gewöhnt sind, geschweige denn um eine einheitliche Gliederung der Albtaltuffe überhaupt. Die verschiedenen dunklen Bänder gleich setzen zu wollen, wäre willkürlich. Nicht einmal im Rahmen desselben Steinbruchs ist eine Horizontierung möglich, vielmehr wechselt das Aussehen eines Aufrisses oder Profils

alle paar Meter. Irgend eine Tuffsorte, die hier vielleicht 3 m mächtig ist, ist ein paar m daneben auf $^1/_2$ m oder ganz verschwunden. Diese Unregelmässigkeit lässt sich ja aus der besprochenen Entstehungsweise leicht begreifen.

Sie ist besonders stark, wo der Schwemmtuff seine verschiedenen Facies ausgebildet hat, womöglich noch in Begleitung von Felstuff. Wir haben hier eine Fülle von Kreuzschichtungen en miniature. Spezialisierte Tuffprofile sind daher zunächst ohne wissenschaftlichen Wert und genaue Angabe bis auf einzelne cm bedeuten wegen der Variabilität der Mächtigkeit eine unnütze Mühe.

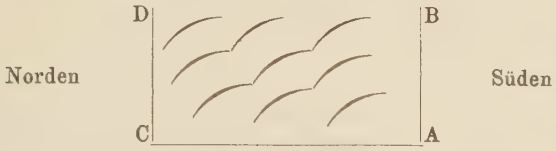
Die zweite Art von Profilen sind die ausgesprochener Felstuffbrüche; sie sind gleichmässiger und es gibt viele Aufschlüsse, besonders bei Seeburg, in denen der kompakte Moostuff (Baufels) über 10 m durchgeht.

An einer Stelle von P_3 zeigt sich von oben nach unten folgender Bau: 20—30 cm Humusschichten, 1,5 m Baufels, 60 cm fein geschichtete Sande, teilweise mit gröberem Grus, 1 m weicher schaliger Fels, 30—50 cm Tuffgrus, Blättergrus und Braun-Juraschutt; dann über 5 m sandiger, jetzt zugeschütteter Tuff mit einem blauschwarzen fetten Band, das weiter vorn im Bruch, talaufwärts aufsteigend, sichtbar wird. Die Längswand zeigt mehrfach den welligen Kaskadenaufbau mit Einfall nach Norden. Mächtigkeit bei P_3 über 7 m, meist Sand.

P_{10} ist jetzt fast ganz abgebaut. Alle Stellen zeigen gänzlich verschiedene Profile, wenig harten Felstuff; viel Sand, oft tiefrot und fett; fladigen Tuff und blauschwarze Bänder im Sand, Erbstuffhaufen, „Räucherung“ der Kluftwände durch den Eisengehalt, Gallen und Kohlereste usw.

H_1 und H_3: Neben der Strasse, die östlich an Kirche und Pfarrhaus Honau vorbeiführt, befindet sich ein quadratischer, wie üblich senkrecht abgebauter, ca. 12 m tiefer Bruch vorwiegend mit Baufels, dessen weiterer Abbau wahrscheinlich aus

baupolizeilichen Gründen sistiert wurde und der nun teilweise verschüttet ist. Die Süd- und Ostseite und leidlich auch die Westseite zeigt gewissermassen 2 Querschnitte und in der Talrichtung einen Sagittalschnitt. Die Kaskadenkonturen, durch Sinterdecken, Hohlraumzüge und sandige Zwischenschichten markiert, fallen einerseits mit starker Neigung in der Talrichtung, andererseits schwächer und undeutlicher nach Osten ein. Wir sehen aus dem Schema:



A ist unter allen Umständen die älteste, D die jüngste Anwachszone; bei kurzer Distanz wird auch B älter als C sein. Diese ältesten Partien von H_1, der sehr tief liegt und sehr alt zu sein scheint, haben auch nur einige wenige alluviale Schnecken geliefert.

Wenden wir uns nun dem grösseren und gleichfalls sehr tief gehenden Bruch H_3 auf der Westseite der Kirche zu, der, vom Kirchhof aus gerechnet, über 20 m in die Tiefe abgebaut ist. Wiederholte Aufrisse zeigen das Einfallen der Anwachskonturen talabwärts und nach Westen, lichtensteinwärts. Einen Aufriss zu zeichnen ist zwecklos, da der Abbau ihn immer wieder ändert.

H_1 und H_3 kombiniert gibt das Gesamtbild: Der mächtige Tuffriegel, soweit er dem Nordrand Honaus vorliegt, ist, schematisiert, als ein grosses Kaskadengewölbe entstanden, auf dessen einstigem Scheitel ungefähr die Kirche steht. Der Abfall war talabwärts, schräg und seitwärts. Offenbar strömte das Wasser des Baches in breiter und deshalb seichter Zerteilung über diese moosbewachsenen Regionen, sowohl abwärts in der Talrichtung als auch halbrechts und halblinks; in diesem Sinn fand auch das Anwachsen des Tuffkegels statt. Dass das Wasser sich zu

gleicher Zeit über das ganze System ausbreitete und es benetzte, ist kaum möglich; es war wohl bald diese bald jene Seite bevorzugt, je nachdem sich der Bach selber den Weg verbaute und seinen Lauf verlegte. Solche Bachverlegungen müssen in beträchtlichem Masse erfolgt sein, und den Tuffriegel schräg nach NO vorgebaut haben. Den Konturen nach hat das Gefälle 45° da und dort überschritten. In den Mulden hinter den Stufen und an Stellen schwächeren Gefälles konnten sich die hier spärlichen Sandlinsen einlagern.

Auch bei vielen anderen grösseren Tuffvorkommen ist dieser stufenförmige, wellige Aufbau unverkennbar und spricht für die oben erwähnte Entstehungsart, ebenso die Neubildungsstellen. Ein grösserer freier Wasserfall deutete sich nirgends an. Die Tal- und Bachbettformen waren eben seinerzeit andere: es waren breite stafflige Kaskaden vorhanden, ähnlich den Regionen, die sich heute an die Aufsturzstellen unserer Wasserfälle anschliessen.

IV.

a)

Bestimmbare pflanzliche Überreste sind in unsern Tuffen wenig erhalten und sind in der Hauptsache auf die ziemlich zahlreichen Blattabdrücke und auf ein Vorkommen von Charensanden beschränkt. Auch die, höchstens mit primitivsten Gefässbündeln ausgestatteten Laubmoose haben in den Tuffen nur in unbestimmbarem Zustand ihre Abdrücke und materiellen Überreste hinterlassen; dieses Stadium tritt schon in geringer Tiefe ein. Was für Äste und Gräser einst von den Kalkröhren umhüllt wurden, ist kaum mehr mit Sicherheit zu eruieren: die Äste gehören wohl zu den gleichen Baumbeständen, wie die meisten Blattabdrücke, nämlich zu Fagus silvatica. Schliesslich findet sich Holzkohle als letzter Rest.

Da also die ehemals eingeschlossenen Moose weder als solche noch als versteinerte Fossilien, erhalten sind, so habe

ich eben die Moose bestimmt, die heute an den wichtigeren Neubildungsstellen zum Tuffabsatz beitragen, wobei wir freilich keine Garantie haben, dass diese Arten von jeher an diesen Stellen vegetierten. Die Bestimmung war dadurch erschwert, dass die Laubmoose an diesen nassen Stellen offenbar günstige Bedingungen antreffen und wohl deshalb keine Fruktifikationsorgane hervorbringen, auf denen ihre Systematik in erster Linie beruht. Ich habe mir, freilich ohne erschöpfend abzusammeln, Proben von den erwähnten Neubildungsstellen mitgenommen: vom Uracher und Gütersteiner Wasserfall, von den Wiesatzschnellen und einigen Stellen des Bachbetts bei Honau. Fast an allen diesen Stellen habe ich Rhynchostegium rusciforme tuffaufbauend vorgefunden, ziemlich weniger Fontinalis antipyretica, Fontinalis squamosa, Hypnum filicinum, Hypnum commutatum, Amblystegium fallax (?), Bryum capillare (?). Die württembergischen Bryologen Hegelmaier, Martens u. a. führen teilweise von den genannten, meist von ähnlichen Stellen noch eine grössere Anzahl anderer Moose an, aber ohne eine Anmerkung darüber, ob sie in beträchtlichem Massstab an dem Aufbau der Tuffpolster teil haben. Es sind u. a.: Gymnostomm curvirostre, calcareum, Eucladium verticillatum, Bryum pseudotriquetrum, (diese 5 Moose hat auch Eulenstein neben einem Teil der oben erwähnten Moose am Uracher Wassergefall gefunden); Trichostomum tophaceum, Bryum pallens, Brachythecium rivulare und noch manche andere. Nicht ganz mit dieser Moosflora decken sich die Moosgesellschaften, die sich auf den fertigen, feuchten Tufffelsen und in ihren Brüchen ansiedelt; auch treten hiezu oft Lebermoose.

Mit den Algen, die sicherlich auch tuffaufbauend mitwirken — ob mehr im Sinne von Früh (ctr. pag. 21,8) oder mehr physiologisch, sei dahingestellt — habe ich mich eingehend nicht beschäftigt; an den Aufschlagstellen glaube ich die von Rieber entdeckte, von Gradmann erwähnte Chlorotylium cataractarum gefunden zu haben; ferner an solchen Stellen Oscil-

larieen, Vaucheria, Cladophoraalgenpolster, teilweise eine Fülle zierlicher Diatomeenformen ohne Kalkbelag beherbergend. Die relativ seltenen Algenwatten in der Echaz hinter Honau mit Spirogyra und Oscillarieen zeigten keinen Kalkbelag, dagegen Algenpolster an kleineren Rinnsalen. Fossil fand ich einzelne lockere, sandige Geflechte, die am ehesten ein verkalktes Algengespinst etwa von Vaucheria darstellen (s. auch oben bei Schalentuff).

An flutenden Beständen von Echazwasserpflanzen sind ausser Gräsern und Moosen zu erwähnen: Potamogeton, Batrachium fluitans (Wasserhahnenfuss) und ganze Wiesen von Nasturtium officinale (Brunnenkresse); Batrachium scheint die stärkste Strömung auszuhalten. Für Characeen, die sonst häufig für die Kalkablagerung in Betracht kommen, ist die Echazströmung viel zu rasch; im Tuffgebiet des Echaztales von heute habe ich sie nirgends gefunden, überhaupt ist sie mir von den nördlichen Albbächen nicht bekannt; von Charen auf der Alb führt Martens 2 Arten an. So wichtig nun die Charen für die Kalktuffe von Cannstatt, Burgtonna, Schwanebeck, Tivoli sein mögen, in unserem Gebiet habe ich sie lebend also gar nicht, jedoch fossil bis jetzt an einer Stelle in den untersuchten Albtälern gefunden und zwar in grossen Mengen: bei Un_3 habe ich Charensande in einer über 5 m dicken und 6 m breiten Mulde angetroffen*). Es sind fein geschichtete helle Sande, mit viel Limnäen und Valvaten, und einem alle paar m eintretenden Wechsel in der Färbung der Lagen. Besonders durch den Regen wittern die zahllosen, eingebetteten, inkrustierenden, zerbrochenen Kalkcylinderchen aus dem trüberen Feinsand, deren grössten Teil sie manchmal ausmachen, aus. Sie liegen alle horizontal, keines aufrecht, jedoch nicht etwa nach einer Richtung orientiert, so dass jedenfalls höchstens auf eine geringe Wasserströmung geschlossen werden darf. In situ oder über-

*) Jetzt wieder verschüttet.

haupt in unzerbrochenen Stengeln oder Wirteln ist kein einziges Exemplar erhalten, wie wir es sonst von Charenkalken gewöhnt sind und wie ich es z. B. an einem Quellentuff vom Bläsiberg bei Tübingen und einem Vorkommen in Stetten gesehen habe. Wir hätten also keine Garantie, dass es sich um Charensande handelt, wenn eine Aufschlämmung des Materials, die ich vornahm, mir nicht Tausende der spezifisch leichten Charasporogone (Nüsschen) geliefert hätte. Wir haben hier keine Inkrustationen, sondern die verkalkten Membranen der Nüsschen, besonders der Schläuche vor uns. Unter dem stereoskopischen Mikroskop oder einer guten Lupe sehen wir die 5 Hüllschläuche sich in doppelter Spirale um das zierliche ovale Gebilde legen; ein deutliches Krönchen, das die systematischen Unterscheidungsmerkmale zwischen den Gattungen Chara und Nitella an die Hand gibt, ist nicht vorhanden, sondern höchstens der Ansatz an den Hüllschläuchen; die Analogie spricht für Chara. Eine Auflösung in Salzsäure zeigt die Reste der Wand und besonders der Hüllschläuche. Schon unter dem Deckglas zerbrechen die Nüsschen zu bogigen Stücken.

Von weiteren botanischen Überresten sind die vielen Blattabdrücke von Fagus silvatica (Rotbuche), seltener von Acer pseudoplatanus zu nennen. Eichenblätter waren nicht sicher konstatierbar, da die Umrisse nicht genügend erhalten waren. Ein paar mal fand ich auch Gebilde, die sich kaum anders deuten lassen, denn als Inkrustate um Nadeln von Fichten, die nach Gradmann an den Albabhängen nur angepflanzt vorkommen. Schliesslich sei ein versteinerter Stamm in H_3, wahrscheinlich von einer Buche erwähnt, ferner die zahllosen Inkrustate um Äste und Stämme (s. Seite 24), sowie Holzkohle.

Noch einige Worte über die Art der Erhaltung: Wenn wir von vermodernden Holzkörpern in jüngst gebildeten Schichten absehen, so ist der Erhaltungszustand trotz der relativen Jugend der Schichten keine gute, besonders etwa im Vergleich mit den scharfen Steinheimer oder Öninger tertiären Abdrücken.

Schuld daran ist die spezifische Porosität des Gesteins, das gut durchlüftet ist und das dem zirkulierenden Wasser fortgesetzt gestattet, das Material umzukrystallisieren, die organischen Reste zu entführen und ihre Abdrücke unkenntlich zu machen oder schliesslich das ganze Gestein mehr und mehr kompakt und strukturlos zu machen; dazu kommt der häufig spröde, unter jedem Druck zerbröckelnde Zustand der Inkrustate. Schliesslich mag in Betracht kommen, was Potonié aus Abbeston (Ann. phil. 1819) zitiert: dass Kalk ebenso die animalische Substanz von Fäulnis bewahrt wie er die Zersetzung vegetabilischer Substanz befördert, weshalb auch alte bituminöse Kalke diesen Gehalt mehr animalischen Resten zu verdanken scheinen.

Am häufigsten ist

a) die Erhaltung des inkrustierenden Kalkfutterals mit mehr oder weniger scharfer Abzeichnung des einst eingehüllten Pflanzenkörpers; so sind die zahllosen Röhren zu erklären, die in jedem Durchmesser vorkommen vom mikroskopisch kleinen Cylinderchen bis zur Baumhöhle mit 30 cm Lichtweite, an deren Wand auch Löcher für den Durchtritt der Äste erhalten sein können. Diese Innenflächen mit ihrem Abdruck sind verhärtet und meist über 1 mm dick förmlich versintert; sehr häufig ist in diese Hohlräume der oben erwähnte feine Schlamm eingeschwemmt. Auch kommt es vor, dass die Überrindungsschichten nicht kontinuierlich in einander übergehen, sondern dass sich um eine erste Überrindung, offenbar später, eine zweite legte, als getrennte, leicht abhebbare Kalkröhre. Der Abdruck des einst eingeschlossenen Körpers ist ziemlich schlecht und unklar, vielmehr sind die harten Wände der Kalkmäntel unregelmässig mit spongiösem und sinterigem Kalk bedeckt.

Hierher gehören auch die teils stark teils zart gerieften Abdrücke von Stengeln (von Umbelliferen oder Phragmites?), die fast überall vorkommen; der jetzt stark abgebaute Bruch P_{10} zeigt zahlreiche solche Abdrücke, die die Lage von hängendem umgebogenem Schilf zeigen. Ferner gehören hierher die Ab-

drücke von Fruchtkörpern (wahrscheinlich Eichelabdrücke, selten) und besonders von den oben erwähnten Blättern. Die Umrisse sind zwar kaum vollständig, um so deutlicher die Nervatur erhalten. Wir haben zu unterscheiden die Negative und die Positive: Bei den häufigeren Negativen zeichnen sich die Hauptgefässbündel als tiefe Kanäle ab, jedoch sind zumeist auch noch die Nerven dritter und vierter Ordnung, ja die feinsten Netzmaschen (Gefässbündel) unter dem Mikroskop als feine Rillen zu sehen. Diesen Negativen entsprechen die Positive, die manchmal direkt auf ihnen aufliegen; diese zeigen die Nervatur durch fühlbare und sichtbare Leisten als Relief an. Die Abzeichnung dehnt sich aber nicht auf die Nerven höherer Ordnung aus. Die Flächen sind bald weiss und etwas rauh, bald glatt und bräunlich. Von Blattresten zwischen Positiv und Negativ fand ich nichts. Manchmal erhielten die Blätter ihre Inkrustation in gerolltem Zustand und ihre Inkrustate blieben in dieser Lage erhalten, was auf eine rasche Übersinterung schliessen lässt. An andern Stellen haben sie sich zu einer Art Blattgrus angehäuft.

b) An vielen Stellen ist mit dieser Erhaltungsform der Cylinder die zweite Art verbunden: die Verkohlung. Diese gänzlich schwarze Holzkohle liegt in geringen Mengen als lockere, zerreibliche Flitter und Blättchen in den oben erwähnten Baumhöhlen und zeigt noch die pflanzliche Struktur. Es ist der Rest der einst inkrustierten Holzkörper von Buchen u. s. w., die an diesen Wasserschnellen irgend festgeklemmt und überbaut wurden, nachher vermoderten, verkohlten und ausgelaugt wurden. Teilweise lagen dünne Kohleschichten flachgepresst im Gestein. Seltener liegen kleine Kohlenfragmente verschwemmt in Tuffsand und Tuffmergel; nur diese Art des Vorkommens könnte zum Teil auf menschliche Tätigkeit bezogen werden. In zusammenhängenden Partien habe ich jedoch diese Kohle nur in diesen schützenden, dick verhärteten, fast undurchlässigen Hohlkörpern gefunden.

c) Die dritte Art ist die bei den Schnecken im Tuff nie vollendete Versteinerung oder Intuskrustation. Diese Art habe ich jedoch nur einmal getroffen an einem Baumstück, das im Haux'schen Bruche in Honau aufrecht in seiner Baumhöhle stak. Das Fragment lässt die Jahresringe, streckenweise unverkennbar, verfolgen: ich zählte im Querschnitt gegen 50 Ringe, in denen die schmäleren Herbstholzzonen grössere Härte und Festigkeit zeigen. Unmittelbar dabei fand ich einen Buchenblattabdruck. Eine salzsaure Auflösung lieferte, abgesehen von einigen durch Fe gebräunten Flocken und Quarzsplittern, kleinste Cellulosepartikelchen und wenige Holzfaserteile; auch auf einem Dünnschliff längs der Leitbündel sind unzweifelhafte Umrisse von Zellen nicht zu bemerken. Ein Querschliff ist kaum herstellbar wegen der zu lockeren Gesteinsbeschaffenheit. Warum gerade dieses Holz versteinert ist und andere bloss umhüllt, verkohlt oder ganz weggeführt sind, ist unklar; es hat vielleicht seinen Grund in der ausnahmsweise aufrechten Stellung des Stammes. Diese eigentliche Versteinerung und die Verkohlung schliessen sich offenbar gegenseitig aus; erstere zeigt nicht einmal durch ihre Farbe auch nur eine Spur Kohle an. Der weisse Kalk ist einfach gegen den Holzkörper mit derselben Struktur allmählich eingetauscht, ein interessanter Fall von Versteinerung eines Holzkörpers, die in geologisch sehr kurzer Zeit schon vollendet ist.

Die stratigrafische Bedeutung der pflanzlichen Fossilien ist, wie aus allem ersichtlich, ziemlich hinfällig; umgekehrt liefert ja auch der Schichtenbau fast keine Anhaltspunkte für die Reihenfolge der Ablagerung und der Einbettung der Pflanzen.

b)

Was an tierischen Fossilien in unseren Bachkalken sich findet, sind entweder Schnecken oder zerbrochene Säugetierknochen; nach unsicheren Angaben sollen in tieferen Lagen als die Alemannengräber früher menschliche Reste gefunden worden

sein. Trotz des reichlichen Abbaus kam m. W. während der letzten 2 Jahre nur eine spärliche Ausbeute von Knochen und Zähnen zu Tage.

Der Erhaltungszustand der Conchylien ist meist entweder in situ gut oder aber ganz fragmentarisch; im verschwemmten Tuff sind sie zahlreicher. Die Gehäuse von Helix hortensis, H. arbustorum und Patula rotundata zeigen meist ihre Farben in ihrer Kalkzone noch recht gut; jedoch sind auch alle Stufen der Bleichung bis zum völligen Verschwinden der Farbe vertreten, ein möglicherweise und zum Teil schon vor der Einbettung eingetretener Zustand. Die braune Epidermis ist nirgends erhalten; die Gehäusearten, die frisch durchscheinend sind, haben diese Eigenschaften zumeist verloren und sind brüchig geworden. Besonders aus dem harten Tuff sind die meist sehr zerbrechlichen Schalen oft recht schwer unversehrt und sauber herauszupräparieren. Das Säubern von anhaftendem Kalk muss alsbald vorgenommen werden, da dieser sonst, wie der Baufels, so sehr verhärtet, dass die ohnedies zerbrechlichen Objekte dabei leicht zu Grunde gehen. Eigentlich versteinert sind sie nie, jedoch häufig im primären Tuff mit einer mehrere mm dicken Schicht überzogen, die auf ihrer Innenseite einen Abdruck der Schale gibt, jedoch nicht bis auf die feinste Skulptur hinaus. Gewöhnlich sind die Gehäuse unvollkommen mit erdigem Tuffmaterial ausgefüllt. Manchmal jedoch haben wir Gelegenheit, an diesen Schnecken die Bildung von Steinkernen zu beobachten: an einzelnen Exemplaren ist dieser erdige Inhalt erhärtet und legt sich mit glatter, bräunlicher Fläche partienweise ebenso innen an wie die Übersinterung aussen. Manchmal ist die Inkrustation der Schnecken so stark, dass wir nur noch unförmliche Ballen vor uns haben (Mumien). Am unversehrtesten sind die Schneckenschalen im Moostuff und feinen Sand und Mergel; am schlechtesten in gröberem Schwemmmaterial. Diesen meist bestimmbaren Resten stehen die zahllosen, gänzlich zerriebenen Schalenfragmente gegenüber, wie wir

es bei dem relativ starken Gefäll und den vielen Bachhindernissen auch von einem kurzen Transport nicht anders erwarten können. Ich will nun ein Verzeichnis der Conchylien geben, die ich in den Echaztuffen, zum geringeren Teil in den Ermstaltuffen zwischen Urach und Seeburg, sowie bei Gönningen, einige auch bei Gutenberg ersammelt habe, natürlich mit Notizen über Fundstelle und Tiefe der Schicht unter der heutigen Oberfläche.

Am zahlreichsten fanden sich folgende Arten:

Helix Arianta arbustorum
H. Eulota fruticum
Limnaea ovata
Planorbis carinatus
Succinea pfeifferi
Vitrellen vom Typus Quenstedti (an einer Stelle) var. ara, acuta, typica.

Weniger häufig sind

H. Tachea hortensis
Patula rotundata
Valrata alpestris*)
Vitrea crystallina.

Seltener waren

H. Isogonostoma personata
H. Trigonostoma obvoluta
H. Trichia hispida
H. Helicogena pomatia (einmal)
H. Vallonia adela
Clausilia plicata
„ biplicata
„ ventricosa
Limnaea palustris
„ truncatula

*) Kommentar hiezu s. Geyer, W. J. 1910.

Succinea oblonga
Hyalinia nitens
„ cellaria
Cionella lubrica
Bythinia tentaculata
Buliminus montanus
Pupa substriata.

Reste wahrscheinlich von Vitrina und einer Physa.

Schliesslich fand sich Pisidium pasillum.

Natürlich können diese eigenen Aufsammlungen nicht den Anspruch machen, ein erschöpfendes und sicheres Bild der Conchylienfauna in diesen Tuffen zu geben. Das Verzeichnis lässt erkennen, dass auch Schnecken eingeschwemmt wurden, die nicht unmittelbar am Wasser leben, z. B. die Vallonien. Der Schneckenbestand der ganzen Gegend darf also nicht nach diesen Einschlüssen beurteilt werden (siehe Geyer).

Auffallend ist, dass Helix pomatia, die man heute sehr zahlreich in den Albtälern antrifft, sich nur in einem Bruchstück fand. Klein (S. 109), der einige Conchylien aus Nellingen, Kaltentaler und Geislinger Tuffen mitteilte, machte dort dieselbe Wahrnehmung. In Norddeutschland und Mitteldeutschland soll H. pomatia in Diluvium und auch Altalluvium überhaupt fehlen; so nach Angaben Menzels, die freilich neuerdings nicht unbestritten blieben (Thies). Junge Tuffschichten von Gültlingen (A. Schmidt) lieferten H. pomatia.

H. nemoralis fand ich nie in den Tuffen, dagegen ist sie aus dem Kaltentaler und Nellinger Alluvialkalk erwähnt; auch Patula solaria liess sich vermissen. Nun fehlen H. pomatia und nemoralis freilich auch in Cannstatt (Seckendorf), ohne dass natürlich infolge dieses Ausbleibens auch unsere Tuffe ins Diluvium zurückgesetzt werden müssten.

Planorben hat Klein im alluvialen Tuff von Nellingen ausdrücklich nicht gefunden.

Pupa muscorum fand sich im Tuff nicht, aber im Schotter an der Strasse nach Bronnweiler.

Die zahlreichen Limnäen, Planorben, Valvaten etc., der Mangel an humosen Ablagerungen und Schwefeleisen zeigen, dass es zwar zur Bildung von Becken mit stehendem und gar stagnierendem Wasser in unsrem Gebiet nirgends kam, während andererseits die Charen wenigstens bei Un_3 und die Seeburger Verhältnisse eine Beckenbildung mit langsamer Durchströmung vermuten lassen (vergl. Seeburg). Die Strömung war offenbar wenigstens teilweise schwächer als heute, was neben Planorben und Limnäen auch Pisidium andeutet. Planorben und Limnäen fanden sich vorzugsweise in den mehr talabwärts gelegenen Brüchen, manchmal in ganzen Haufen beieinander, an eine rezente Schneckenzusammenschwemmung im Geniste erinnernd.

Wenn wir die heute im Echaztal lebende Schneckenfauna ansehen, so überwiegen die Helixarten über die Limnäen und Planorben, die übrigens auch ziemlich zahlreich sind. In den Tuffen dagegen habe ich gerade Limnäen und Planorben unverhältnismässig viel mehr gefunden als H. arbustorum, fruticum und hortensis, ein Unterschied, der freilich auch darauf beruhen kann, dass erstere ausschliesslich im eigentlichen Bachgebiet leben.

Alles in allem sehen wir, dass die Schneckenfauna durchaus alluviales Gepräge besitzt. Freilich unterscheidet sich Alluvium und Diluvium conchyologisch weniger durch bestimmte Arten als in den Mengenverhältnissen. Aber weder bestimmte Arten noch Mengenverhältnisse sprechen für diluviales Alter, wie auch der Vergleich mit diluvialen Einschlüssen z. B. in Cannstatt lehrt.

Sehr interessant war mir der Fund von zahlreichen Exemplaren der früher fast unbekannten, fossil seltenen, jetzt fast populären Vitrellen (Lartetien, Höhlenschnecken), den ich in den oben erwähnten weissen, meist aber roten lehmigen Einschwemmungen in P_{10} machte; durch Aufschlämmung dieses Materials erhält man diese kleinen Objekte am bequemsten. Sie gehören zum Formenkreis der Lartetia Quenstedti; doch sind

es nicht lauter gleiche Formen, vielmehr gehören sie in den Bereich der Varietäten ara, acuta, typica. Tatsächlich kann ja auch ein Höhlenbach nach Geyer mehrere Eigenformen aufweisen. Hornhell sind diese Lartetien nicht mehr. Bei P_{10} sind sie entweder von einer ehemals bestehenden Höhlenquelle zugebracht worden, oder aber sind sie aus allernächster Nähe hergeschwemmt. Da sie ausschliesslich an dieser Tuffstelle vorkommen und tadellos erhalten sind, so ist ein weiterer Transport ausgeschlossen. Die räumlich nächsten Vorkommen sind rezente Lart. quenstedti von Unterhausen und der Nebelhöhle (nach Geyer).

Die Knochenreste waren teilweise bestimmbar, teilweise Fragmente, event. so verwittert, dass sie sich zunächst nur durch einen gelben Strich im Sande verraten. Ich fand in den Tuffen zum grossen Teil in oberen Schmitzen von verschlepptem Gehängeschutt, Zähne vom Rind, Pferd (Eq. cab.), von der Ziege, Hauer vom Schwein, sowie ihre Knochen. Ein diluviales Moment hat sich nirgends ergeben. Hornzapfen von Auerochs, Biberzähne- und Knochen (Castor fiber), aus den Urach-Seeburger Tuffen, aufbewahrt im Uracher Schloss, sind zwar bekannt, doch spricht dies ja nicht für Diluvium, nicht einmal für prähistorische Zeiten. Auch in den Wiesensteiger Tuffen fanden sich nach Quenstedt Biberreste. Die Mammutzähne aus dieser Gegend stammen nicht aus den Tuffen. Ferner fand ich mehrere kräftige Hirschgeweihe in verschiedener Tiefe. Mir zugebrachte Pferdeknochen- und zähne von Vehringer Tuffen (Donauseite) erklärte Herr Dr. Freudenberg, der diese Bestimmung liebenswürdigerweise übernahm, für Reste des postglacialen Steppenpferdes (östlicher Rasse, vielleicht domestiziert, jedenfalls aber altalluvial). Einige andere Tuffpartien auf der Donauseite schliessen indessen echt diluviale Fossilien ein, während die Conchylien aus den Nellinger, Kaltentaler und Geislinger Tuffen sich mit der rezenten Fauna decken.

Nach Abschluss dieser Arbeit ist in diesen Heften eine Abhandlung über Mollusken schwäbischer Kalktuffe von dem bekannten Schneckenfachmann Geyer erschienen. Auch er kam an der Hand wesentlich grösserer Aufsammlungen zu dem Schluss, dass im Vergleich zu der Molluskenfauna der Tuffe die rezente Fauna keine nennenswerten Verschiebungen zeigt; die wichtigste der geringen Ausnahmen bildet die jetzt zurückgewanderte Valvata alpestris, die von manchen noch mit Valv. piscinalis zusammen genommen wird. Auch G. gibt die grosse Seltenheit von H. pomatia in den Tuffen an; auch er weist auf das frühere Übergewicht von Planorben und Limnäen über die Helices und auf seinerzeit wahrscheinlich häufigere Seenbildung.

V.

Wie schon erwähnt, liefert der Inhalt der Echaz- und Ermstuffe weder an botanischen noch zoologischen Einschlüssen diluviale Momente und von den Diluvialtieren, wie sie sich z. B. im Sirgensteinprofil finden, wäre doch wohl etwas erhalten geblieben*). So musste die Vermutung wegfallen: die nicht seltenen, in allen Tiefen, besonders an der oberen Grenze eingestreuten, unregelmässigen Lagen von Juraschotter seien etwa Teile der Niederterasse, die im allgemeinen durch Tuff ersetzt sei; auch wären die Schotter dazu zu wenig durchgehend. Die alluviale Natur wird auch durch folgendes bestätigt: An wenigen Stellen (so bei H_3 und P_8) wurde der Tuff fast bis auf sein Liegendes abgebaut, das sich nun als Kieslagen von Weiss-Juramaterial erwies, wie ich durch Aufgrabungen feststellte. Diesen unverbackenen Kies nennen die Steinbrecher „Wassergrähen", der nach unten in richtigen lehmig verbackenen Grähen übergehen soll. Wir gehen wohl mit der Identifizierung dieser Unterlagen mit der Niederterrasse nicht fehl. Auch gehen die Tuffe meist ganz kontinuierlich in obere, deutlich rezente Schichten über.

*) Ein Steinbeil, das neuerdings in einem Seeburger Bruch sich fand, weist gleichfalls auf altalluviales Alter.

Ist mir so die alluviale Natur der Echaz-Kalke im allgemeinen nicht länger zweifelhaft, so ist doch zu betonen: es ist wohl möglich, das von dem sicherlich einst vorhanden diluvialen Tuff lokal einige Reste der Excavation getrotzt haben, die unter dem späteren Tuff verborgen liegen, oder auch seitlich erhalten blieben, ohne sich eben irgendwie als diluvial zu dokumentieren. Dass sich vor dem III. Glacial Tuffe bildeten, wissen wir aus den Tuffbrocken in der Mittelterrasse bei Pfullingen und in den Höhenschottern von Kirchentellinsfurt etc. (Bräuhäuser). Dann mögen noch öfter Tuffmassen gebildet und wieder abtransportiert worden sein, bis die Niederterrasse, wahrscheinlich auch in Begleitung von Tuffabsatz, aufgeschüttet wurde, die dann ihrerseits anschliessend von alluvialem Tuff und Schwemmland bedeckt und geschützt wurde. Freilich gilt das nur für Erms- und Echaztal, während offenbar die Albtuffe auf der Donauseite eine etwas andere Geschichte haben: Bei Hausen und Langenbrunn u. a. sind nach der Darstellung in den Begleitworten die Kalktuffe zum Teil sicher diluvial: (Eben hier fand sich El. primig. und Rhin. tichorh.) Ähnliches wird von Haiterbach und Pfrondorf im Muschelkalkgebiet gesagt (M. Schmidt). Auch Haag hält Kalktuffe zwischen Hofen und Tuttlingen für Äquivalente der Hochterrasse.

Es sei hier noch kurz auf einige Dinge eingegangen, die in Beziehung zur Stratigrafie stehen:

Wenngleich die Echaztuffe, soweit sie sichtbar sind, alluvialen Alters sind, so sind doch auch in dieser geologisch kurzen Zeit lokale Veränderungen eingetreten: Sie sind gering auf pflanzengeografischem Gebiet (vergl. den Passus über Charen), auch gering sind die faunistischen Verschiebungen: ich erinnere an die Diskutierung der Schneckeneinschlüsse und das ehemalige Auftreten von Bibern. Das wesentlichste Moment sind die während und teilweise durch die Tuffbildung aufgetretenen morphologischen Veränderungen des Talbildes. Auf der Niederterrasse wurde die hügelige Tufflandschaft aufgebaut und zwar

unter Bildung von Terrassen oder Stufen, deren deutlichste unmittelbar unter Honau um zusammen über 10 m ansteigt; weniger deutlich sind die Stufen bei der Sittere, bei der Spinnerei Unterhausen und vor Pfullingen. Der Bach verlegte sich durch Vorbau von Tuffriegeln immer wieder den Lauf. Die Aufrisse erinnern wenigstens im oberen Talabschnitt an einstige grosse und breite Kaskaden. Der Bach muss vielfach zerteilt und verbreitert gewesen sein, während er heute, auf ein schmales Bett beschränkt, eine sehr rasche Strömung besitzt mit über 14 m Gefälle pro km. Flussbett und tiefste Stellen der Talsohle sind auch heute vielfach nicht identisch. Besonders evident ist nach Lozinski die Aufstauung von Becken bei den bosnischen Tuffen des Plivatales; bekannt ist auch das Bild der Sinterterrassen vom Yellowstone-Park. Auf die Entstehung vom Becken bei Seeburg*) usw. wohl auch einst bei Un_3 habe ich schon hingewiesen: bei Un_3 ist sie nicht bloss durch die Charen und die Ausfüllung der Mulde durch Sande mit Valv. alpestris hinter dem Stauriegel wahrscheinlich, sondern auch durch das talabwärts rasch eintretende Sinken des Talniveaus. Auch an den Wasserfällen kommen Verlegungen des Laufes vor: So ist seitwärts von den Gütersteiner Fällen ein grosses Tuffvorkommen; am Uracher Wasserfall weist seitwärts eine Tuffnase mit glatter Rinne auf eine frühere Absturzstelle.

Eigenartig sind die Quellenverhältnisse: die Albtaltuffe werden zumeist von Gewässern geliefert, die in den bekannten Quellhorizonten des Weissen Jura sich sammelten. Das Besondere ist nun, dass wiederholt scheinbar aus dem Tuff Quellen entspringen, so der Neubronnen und Jokelesbrunnen nördlich Honau, sowie der Forstbrunnen (eine Art unterirdische Erms) südlich Urach (Quenstedt) und manche andere, insbesondere der kräftige Quell in der „Tropfsteinhöhle bei Urach, sowie eine Quelle bei der Fabrik südöstlich Gönningen. Nun ist der

*) Heute noch kann durch Absperrung eines durch den Tuff gebohrten Kanals ein Teil des Tals in einen See verwandelt werden.

sog. „Wassergrähen“ tatsächlich wasserführend, da der Tuff relativ durchlässig ist und der Wassergrähen nach unten verlehmen soll; so ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass wir hier kein ruhiges Grundwasser, sondern Unterströmungen vor uns haben, die ziemlich tief unter dem eigentlichen auf dem Tuff verlaufenden Bachbetten sich befinden, und an geeigneten Stellen gestaut, Quellen bilden. Jedoch die Beobachtung, die in Gönningen gemacht wurde, dass die Wiesatz längst fast wasserleer sein kann, während diese Tuffquelle reichlich sprudelt, spricht vielleicht eher dafür, dass es sich auch, mindestens teilweise, um Quellen handeln kann, die aus den Juraschichten seitwärts am Abhang, unter der heutigen durch Tuff erhöhten Talsohle gesammelt heraustreten und seinerzeit noch vom Tuff unbedeckt waren. Mit einer solchen Quelle steht auch die Uracher Höhle in Zusammenhang. Diese starke Quelle hat, neben der Tropfsteinbildung, die gänzliche Überbauung verhindert. Vom Seeburger Tal erwähnt Quenstedt das jetzt verschüttete Hannesenloch. Bekannt ist auch die Tropfsteinhöle in Honau (Olgahöhle), die, ähnlich wie ein jetzt wieder geschlossener Höhlengang bei Oberhausen, unter der Echaz durchführt.

Eine mit der Stratigrafie zusammenhängende Frage ist, ob sich aus unsern Tuffen nicht absolute Zahlenwerte für die Zeitdauer seit der Niederterrassenaufschüttung ergeben d. h. dem Ende des Diluviums. Die Schnelligkeit der Tuffbildung können wir direkt beobachten. So hat der vor 50 Jahren eingefasste Brunnen am Weg zum Eisenrüttel schon ein kräftiges Moostuffpolster abgesetzt. Nur Sandberger hält den Prozess für langsam, da während der Cannstatter Tuffablagerung Arten von Schnecken aufgetreten und verschwunden seien, womit aber eigentlich nicht viel bewiesen ist. Freilich sind auch über die Raschheit des Tuffwachstums andererseits übertriebene Vorstellungen vorhanden: So lesen wir in einem Bericht Rösslers, den Quenstedt zitiert, dass bei Güterstein die Forellen so rasch übersintert werden, dass sie nicht mehr schwimmen können und

zu Grunde gehen. Auch die Behauptung Rösslers, dass die Seeburger aus einem Morgen Wiesen alle 30 Jahre für 100 fl. Tuffstein brechen, hat Quenstedt mit Vorbehalt und offenbar der Kuriosität halber erwähnt (i. Bglw. zu Urach; vergl. auch oben S. 47).

Die Mächtigkeit ist ja verschieden, geht aber kaum unter 5 m herunter, und beträgt bei Honau gegen 20 m; die Sande bei Un_3, zum Teil Charensand und Erbstuff, reichen ca. 15 m unter das heutige Niveau des 50 m seitwärts fliessenden Baches, ohne damit erschöpft zu sein.

Einen originellen Versuch einer Altersbestimmung machte Reichhardt (siehe bei Unger): Aus dem jährlichen Spitzenwachstum einer bestimmten Moosart um 3 Linien bestimmt er das Alter eines Gehängetuffs von 10 Klaftern Mächtigkeit auf 2800 Jahre. Diese Methode liesse sich, wie auch Unger betont, natürlich nur anwenden, wo ein senkrechtes Fortwachsen desselben Mooses, sowie die Kontinuität des Tuffabsatzes und seine Mächtigkeit sicher sich feststellen lassen, was aber auch im Reichhardt'schen Falle nicht, geschweige denn bei unsern unregelmässigen Ablagerungen zutrifft. Ich versuchte nun, den Kalkgehalt der Echaz an der Quelle und bei Oberhausen zu bestimmen, die Differenz als Kalkverlust und abgesetzten Kalk zu betrachten, andererseits den Kubikinhalt dieses Abschnitts des Taltuffes ungefähr auszumessen und aus beiden Daten nun die nötige Zeit auszurechnen. Bei Unger las ich später von einem ähnlichen Versuch, wobei es sich aber um einen Gehängetuff handelte und der Kalkverlust willkürlich zu $^1/_{10}$ des Gehalts angesetzt war. Es sind jedoch so viele Fehlerquellen in unsrem Falle vorhanden, dass man keine zuverlässigen Werte, kaum ein Maximum und Minimum in weiten Grenzen gewinnen kann; aber als Methode, die anderwärts vielleicht besser angewendet werden kann, erwähne ich sie doch. Die Fehler sind besonders: Fehler aus dem Berechnen des Kubikinhalts aus der unsicheren und ungleichen Mächtigkeit, beim Feststellen der

Durchschnittswassermenge der Echaz und Nebenquellen; Wechsel im Kalkgehalt und Unsicherheit in der Annahme des seither wieder abtransportierten Materials und des durchschnittlichen spezifischen Gewichts; sodann war vor allem früher die Intensität der Tuffbildung offenbar stärker. Ich habe zwar tatsächlich bei den Wasserproben an der Quelle ca. 280 mg, am gleichen Tage an der oberen Brücke bei Oberhausen 271 mg Trockensubstanz erhalten. Diese geringfügige Differenz braucht nun aber nicht etwa durch den heutigen geringen Tuffabsatz bedingt zu sein, daran können auch anders beschaffene Nebengewässer und Zufälligkeiten schuld sein. Wenn ich nun den Kubikinhalt des obigen Abschnitts, den ich hiezu in Unterabschnitte zerlegte, auf ca. 2 000 000 cbm. veranschlage (ca. 1/4 der Echaztaltuffe) wenn die Echaz mit Nebengewässern mit durchschnittlich 800 Sekundenlitern, auf diesem kurzen Weg 1/10 ihres Kalkgehalts absetzen soll, so wären hiezu kaum 9000 Jahre erforderlich, selbst wenn wir noch einmal 1 000 000 cbm wieder abtransportierten Materials dazu rechnen. Die Zahl erhöht sich auf über 35 000 Jahre, wenn die obige Differenz von 9 mg und 600 Sekundenliter zu Grunde gelegt werden. Die ersten Zahlen erscheinen eher zu klein als zu gross, weshalb die Verschwemmung wohl zu klein und der Kalkverlust (Absatz) wohl zu gross angesetzt war. Wir müssen also für unsern Fall auch diese Art der Altersbestimmung ablehnen, da sie zu wenig exakte Momente enthält. Nur das eine lehren sie uns, dass diese Ablagerungen, obwohl sie zunächst in anbetracht ihrer Mächtigkeit sehr lange Zeiten für ihren Aufbau vorauszusetzen scheinen, doch uns nicht dazu nötigen, besonders grosse Zahlenwerte für die Zeit seit dem Diluvium einzustellen.

Um noch kurz auf Kartografisches einzugehen: Im allgemeinen ist das Talgebiet von Pfullingen bis zum Talwinkel hinter Honau mit ak zu signieren. Die Tuffinseln im unteren Weissen Jura östlich Oberhausen weisen vermöge ihrer seitlichen Lage und ihrer enormen Härte auf andere Bachverhält-

nisse und höheres Alter. Ferner kommt in Betracht Gehängeschutt Is, teilweise über dem Tuff liegend. Die Niederterrasse ist von Tuff bedeckt, doch füllt sie von Pfullingen ab das Tal allein aus, mit Auflagen von jüngstem Schwemmland. Schliesslich kommen Schuttkegel der Nebentäler in Betracht. Am Südostrand von Pfullingen waren anlässlich der Strassenführung vom Kirchhof zum Käsenbachdurchlass verlehmte Schottermassen angebrochen; sie dürfen bei ihrer 20 m, 25 und mehr m betragenden Höhe über dem Bachbett wohl als Mittelterrasse im älteren Bräuhäuser'schen Sinn angesprochen werden. Die besonders in den oberen Tuffschichten der Pfullinger Brüche eingestreuten Gerölle von Weissem und auch noch Braunem Jura (Perna isognomoides, Serpula socialis, Nucula, Belemniten, Toneisenstein) sind verschiedenster Grösse und fallen unter die Rubrik: Verschleppter Gehängeschutt. Interessant ist, dass die erwähnte Mittelterrasse mir unzweifelhafte Kalktuffstücke, wenn auch selten, geliefert hat. Der Bach hat also vor dem letzten Glacial über einem bedeutend höher aufgeschütteten und aufgebauten Bachbett Tuff gebildet, der heute spurlos denudiert ist.

Vergleiche mit andern Albtuffen wurden gelegentlich angeführt. Nachzutragen sind noch folgende Punkte: Vor den Tuffen von Urach, Gönningen u. s. w. zeichnen sich die Echaztuffe talabwärts durch das häufige Vorkommen von stark eisenschüssigem Material aus, sodann durch das reichliche Auftreten verschwemmter Tuffmassen.

Von den tertiären (obermiocänen) Süsswasserkalken haben manche grosse Ähnlichkeit mit unseren Bachkalken; solcher von Engelswies und Ringingen ist in hiesiger Sammlung bezeichnender Weise „Röhrenkalk" genannt. Die entsprechenden Rieskalke sind sehr hart, zeigen aber doch häufig auch noch Röhren und deutliche Inkrustatumrisse; ja auch noch zartes Material, wohl auf ein Algengeflecht hinweisend, ist noch als solches erhalten (s. oben 24). Bei den tertiären gelben Laichinger Sprudelkalken fand ich die cylinderischen Hohlräume mit glänzend

weissem Calcit erfüllt, was bei den Albtaltuffen nirgends zu sehen war. — Die Randecker Süsswasserkalke zeigen fast keine Porosität.

Die über dem Tuff liegende, oft nur einige cm, nie über 50 cm dicke Ackerschicht ist verschiedenen Ursprungs, teilweise verwitterter und transportierter Tuff, teilweise vom Juragehänge geliefertes Schwemmmaterial. Der Boden ist begreiflicherweise wenig fruchtbar (Wiesen, Kartoffeln, Obst); frisch angeschnittene Tufflächen sind lange fast ganz steril. Die mässige Fruchtbarkeit wird also, wie auch Belemnitenstücke und Jurabrocken zeigen, mehr dem von den Hängen und Wäldern zusammengespülten Schwemmland verdankt; in feinster Verteilung freilich in der Ackererde lässt sich die Provenienz des Materials nicht ohne weiteres feststellen.

Grösser ist der technische Wert des Tuffes für Bau- und andere Zwecke. Woher die Unmasse des bereits verbauten Albtuffes kommt, wird uns trotz der grossen Zahl der Tuffbrüche erst begreiflich, wenn wir sehen und erfahren, dass schon ein grosser Teil der Täler im Lauf der Jahrhunderte auf Tuffsteine und Sand abgebaut wurde und dass dann diese senkrecht abgebauten Brüche wieder zugefüllt oder notdürftig eingeebnet wurden: daher rühren manche Mulden.

Die festen porösen Steine (Moos und Geästetuff, Baufels) werden mit der Breithacke in beliebiger Grösse herausgehauen und noch im Zustand der Bergfeuchtigkeit nach Bedarf zersägt und zerspalten. An der Luft werden sie sehr hart, durch Wasserverlust und wahrscheinlich durch innere Umlagerungen, bei denen die Kohlensäure der Luft eine Rolle spielen soll. Dieser beliebte Tuff hat den Vorteil, leicht, billig, fest, porös und ventilierend, sowie leicht bearbeitbar und formbar zu sein; seine Druckfestigkeit ist ziemlich geringer als bei andern Natursteinen, jedoch genügend.

Die Verwendung des sandigen Schwemmtuffs zu Bausand wird gleichfalls ausgiebig betrieben. Diese unverfestigten Lagen

sind offenbar dasselbe, was nach Gümbel in Bayern als „Weisssand“ bezeichnet wird.

Als Meliorationskalk oder zu chemisch-technischen Zwecken wird unser Bachkalk meines Wissens, im Gegensatz zu norddeutschen Wiesenkalken, nicht verwendet, trotzdem er hochprozentig, leicht zu gewinnen und zu mahlen ist. Bedauerlich ist dies auf keinen Fall, da schon die Ausschachtung des Talbodens im seitherigen Massstab, durch die trübweissen Flocken den landschaftlichen Reiz der Albtäler unangenehm beeinträchtigt.

Verzeichnis der berücksichtigten Literatur.

[Abkürzungen: C.B. = Centralblatt für Mineralogie usw.
W.J. = Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Nat. in Württbg.
Z. d. g. G. = Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch.
N.J. = Neues Jahrbuch für Mineralogie usw.
B.B. = Beilageband hiezu.]

Die einschlägigen Abschnitte in den bekannten Lehr- und Handbüchern von Bauer, Bischof, Brauns, Credner, Dölter, Engel (geol. Wegw. f. Württ.), Fritsch (Allg. Geol.), Kayser, Keilhack, Neumayr I, Quenstedt, Rinne, Rosenbusch, Roth, Zirkel, Zittel.

Die meisten Begleitworte zu den württ. geogr. Atlasblättern vorzugsweise der alten, aber auch der neuen Serie. Dazu die vielen kurzen Notizen und Referate der meist diluvial-conchyologischen Arbeiten von Clessin, Hocker, Menzel, Weiss, Wittich, Wollemann, Wüst, soweit sie während der letzten 8 Jahre im N. J., C. B. und Z. d. g. G. erschienen sind.

Ferner:

Alberti, die Gebirge Württembergs 1826.

Bodländer, Über die Löslichkeit der Erdalkalikarbonate Z. f. phys. Chem. 1900, I.

Böttger, Altalluviale Molluskenfauna von Traisa 1886.

Briquet, un tuf pleistocène dans la vallée de la Somme 1906.

Braun, Vergleich. d. leb. und dil. Molluskenfauna d. Rheintals mit der des Mainzer Beckens 1842.

Bräuhäuser, Diluvialbildungen der Kirchheimer Gegend B. B. 1904.

— Beitrag zur Stratigrafie des Cannstatter Diluviums W. J. Beilage 1909.

Cohn, die Algen des Karlsbader Sprudels, Abh. d. schles. Gesellsch. 1862, II, 35.

— Entstehung v. Travertin bei Tivoli N. J. 1864, 580.

— Kryptogamenflora von Schlesien 1876. (Moose von Limbricht, Charen von Braun.

Cotta, Kalktuff am Elm, N. J. 1852, 48.
Czapek, Biochemie der Pflanzen I, 1905, 420 ff.
Eulenstein, Der Tuff von Urach, W. J. 1866.
Falkner, Beitr. z. Geologie von St. Gallen, 1902 und 1903.
Francé, Über Kalktuffe von Ganocz N. J. 1896, II, 514.
Früh, Zur Geologie von St. Gallen 1886.
Geyer, Unsere Land- und Süsswassermollusken 1909.
— Die Weichtiere Deutschlands 1909.
— Beitr. z. Molluskenfauna Schwabens II (Vallonien), W. J. 1908.
— Beitr. z. Vitrellenfauna Württembergs I und II. W. J. 1904 und 1905.
Gradmann, Pflanzenleben der schwäb. Alb.
Gümbel, Geologie von Bayern I und IV, 1861.
Haag, Diluviale Terrassen im Neckartal C. B. 1907, 461.
Hassak, Untersuchungen aus dem botan. Institut Tübingen 1888. II, 465 ff.
Hegelmaier, Über die Moosvegetation des schwäb. Jura W. J. 1873, 145—254.
— Über den Stand d. Kenntnis d. Moosvegetation W. J. 1884, 258.
Huck, Über Kalktuffe aus Westergötland (Ref. N. J. 1900, II 495 und N. J. 1901, I, 138).
Jäger, Fossile Säugetiere des Diluviums 1853.
Kjellmark, jämtländska Kalktuff (Ref. N. J. 1905, I, 313).
Klein, Conchylien im Süsswasserkalk Württembergs W. J. 1846, 61 ff.
Koken, Referat über d. geogn. Spezialk. von Württemberg, N. J. 1900, I, 249.
— Schwäbisches Diluvium B. B. XIX
v. Lozinski, Aus der quartiären Vergangenheit Bosniens, Geogr. Ges. Wien 1904, 11 und 12.
v. Martens, Die Armleuchtergewächse in Württemberg, W.J. 1850.
— Die Laubmoose Württembergs, W. J. 1862.
Märtens, Über Kalktuffbildung am Elm, N. J. 1855, 33.
Meigen, Beitr. z. Kenntnis d. kohlensauren Kalks I 1902, II 1905, III 1905.
Meyer, Süsswasserkalk im Peminkental bei Jena (Kokens Ref. N. J. 1902 II 125).
Oltmanns, Morphologie und Biologie der Algen, 1904 I und II.
Passarge, Kalkschlammablagerungen in der Uckermark (Ref. N. J. 1903, I, 134).
Pfeffer, Botanische Physiologie II A.

Potonié, Die rezenten Kaustobiolithe I, 1908.
Pringsheim, Über die Entstehung von Kalkinkrustationen. Pringsh. Jahrb. 1888, 138.
Rabenhorst, Kryptogamenflora 1897 (Charen und Laubmoose).
Ramann, Einteilung der Schlammablagerungen Z. d. g. G. 1906, 174.
Sandberger, Die Land- u. Süsswasserconchylien d. Vorwelt 1870—75.
— Über pleistocäne Kalktuffe der fränk. Alb; Math.-phys. Klasse d. Ak. d. W., München 1893.
Schubert, Pleistocäne Kalktuffe Böhmens 1898.
Seckendorf, die leb. Mollusken Württembergs W. J. 1846, 3 ff.
Staub, Über die Kalktuffe von Ganocz N. J. 1896 II, 514.
Stoller, die alten Flussschotter im ob. Neckargebiet N. J. 1902 I, 60.
Tiemann-Gärtner, Handbuch der Untersuchung und Beurteilung der Wässer 1895.
Thomé, Flora von Deutschland: V Kryptogamen von Migula 1) Moose 1906.
Unger, Beitr. z. Physiologie der Pflanzen (Moose). Math.-phys. Klasse d. Ak. d. W., Wien 1861, 497.
Werner, Varietäten des Kalkspats in Württ.. N. J. 1867.
Hess v. Wichdorf, Alluviale Moorkalklager Preussens, Z. f. prakt. Geol. 1908, 8.
Zama, I travertini di Colle dell' Elsa (Deecke's Raf. N. J. 1903 I 251)

Nachtrag 1910.

Angelstein, Über die CO_2-assimilation submerser Wasserpflanzen in Bikarbonat- und Carbonatlösung („Beitr. z. Biologie d. Pflanzen", X. Bd., 1. Heft, Breslau 1910).
Geyer, Zur Molluskenfauna d. Kalktuffe W. J. 1910.
Vetter, Beiträge zur Kenntnis der Abscheidung des Calciumkarbonats (Zschr. f. Kryst. und Min. von Groth 48. Bd., 1. Heft 1910).